

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-054560

(43)Date of publication of application : 24.02.1998

(51)Int.Cl.

F23R 3/34
 F23C 11/00
 F23C 11/00
 F23R 3/18
 F23R 3/20
 F23R 3/28
 F23R 3/32

(21)Application number : 09-115706

(22)Date of filing : 06.05.1997

(71)Applicant : HITACHI LTD

(72)Inventor : TANIGUCHI MASAYUKI
 AZUHATA SHIGERU
 ARASHI NORIO
 MURAKAMI TADATAKA
 YOSHII YASUO
 SOMA KENICHI
 KOBAYASHI YOSHINOBU
 ISHIBASHI YOJI
 KURODA MICHIO

(30)Priority

Priority number : 64 66232
 01245534

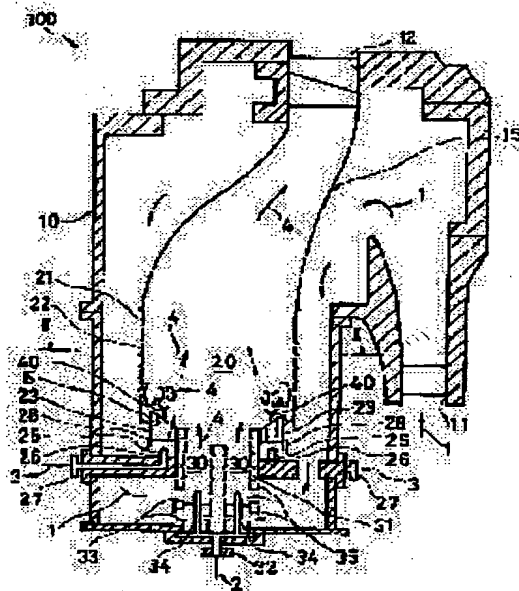
Priority date : 20.03.1989
 21.09.1989

Priority country : JP
 JP

(54) GAS TURBINE COMBUSTOR**(57)Abstract:**

PROBLEM TO BE SOLVED: To ensure a more stable flame and hence more reduce NOX upon premixing combustion by disposing a burner at the axis center upstream a combustion chamber, and disposing a plurality of nozzles around the burner, and further injecting a fuel and air from an injection hole formed corresponding to each nozzle.

SOLUTION: Combustion air 1 flows from a primary air supply hole 33 into a primary combustion inner cylinder 31 and from a secondary air supply hole 25 into a secondary combustion inner cylinder 21. Fuels, e.g. liquefied natural gases flow from a primary fuel reception nozzle 32 and a secondary fuel reception nozzle 27 into a combustor 100 and inject from a pilot burner 34 and a secondary fuel nozzle 26. The primary fuel 2 injected from the pilot burner 34 is brought into a reaction with the combustion air 1 and diffuses into a primary combustion chamber 30 to form a flame. In contrast, the secondary fuel 3 injected from the secondary fuel nozzle 26 is mixed with the combustion air 1 in premixing burners 23, 23 to form premixed gas 5 and then inject it into a secondary combustion chamber 20.

**LEGAL STATUS**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-54560

(43) 公開日 平成10年(1998) 2月24日

(51) IntCl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 2 3 R 3/34			F 2 3 R 3/34	
F 2 3 C 11/00	Z A B		F 2 3 C 11/00	Z A B
	3 2 1			3 2 1
F 2 3 R 3/18			F 2 3 R 3/18	
3/20			3/20	

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平9-115706
(62) 分割の表示 特願平2-65149の分割
(22) 出願日 平成2年(1990) 3月15日

(31) 優先権主張番号 特願平1-66232
(32) 優先日 平1 (1989) 3月20日
(33) 優先権主張国 日本 (J P)
(31) 優先権主張番号 特願平1-245534
(32) 優先日 平1 (1989) 9月21日
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005108
株式会社日立製作所
東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地
(72) 発明者 谷口 正行
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内
(72) 発明者 小豆畑 茂
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内
(72) 発明者 嵐 紀夫
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内
(74) 代理人 弁理士 富田 和子

最終頁に続く

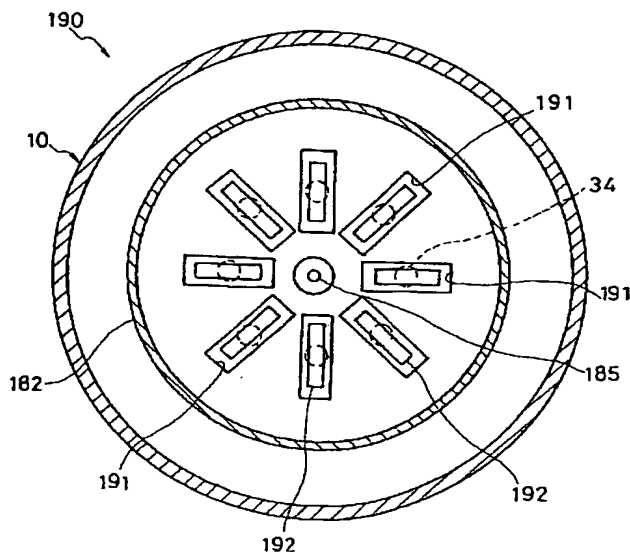
(54) 【発明の名称】 ガスタービン燃焼器

(57) 【要約】

【課題】 希薄予混合気体を安定燃焼させて、NO_xの低減を図る。

【解決手段】 パイロットバーナ185が、燃焼室の上流側のほぼ軸中心部に配置され、複数の燃料ノズル34、34、…が、パイロットバーナ185を中心として同一円周上に相互が離れた状態で設置されている。複数の燃料ノズル34、34、…にそれぞれ対応して形成され、燃料ノズル34から噴出された燃料に空気を混ぜた予混合気体を噴出する複数の噴出口191、191、…が設けられている。

図26



【特許請求の範囲】

【請求項1】燃料が燃焼する燃焼室と、空気と別個に燃料を該燃焼室内に噴出するバーナと、燃料を噴出するノズルとを有するガスタービン燃焼器において、前記バーナは、前記燃焼室の上流側のほぼ軸中心部に配置され、

前記ノズルは、前記バーナの周囲に複数個設置され、複数の該ノズルに対応してそれぞれ形成された噴出口から前記燃料と共に空気を噴出することを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項2】請求項1記載のガスタービン燃焼器において、

複数の前記噴出口が前記バーナの周囲に、円環状に形成されていることを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項3】燃料が燃焼する燃焼室と、着火時に使用するパイロットバーナと、燃料を噴出するメインノズルとを有するガスタービン燃焼器において、

前記パイロットバーナは、前記燃焼室の上流側のほぼ軸中心部に配置され、

前記メインノズルは、前記パイロットバーナの周囲に複数個設置され、

複数の前記メインノズルにそれぞれ対応して形成され、該メインノズルから噴出された前記燃料に空気を混ぜた予混合気体を噴出する複数の噴出口を有することを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項4】燃料が燃焼する燃焼室と、空気と別個に燃料を該燃焼室に噴出するバーナと、燃料を噴出するノズルとを有するガスタービン燃焼器において、

前記バーナは、前記燃焼室の上流側のほぼ軸中心部に配置され、

前記ノズルは、前記バーナの周囲に複数個設置され、複数の前記ノズルにそれぞれ対応し形成され、該ノズルから噴出された前記燃料に空気を混ぜた予混合気体を噴出する複数の噴出口を有し、

前記バーナの外周側に、前記噴出口から噴出された予混合気体の流路を狭め、複数の噴出口に沿って環状の環状部材が突出して設置されていることを特徴とするガスタービン燃焼器。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【産業上の利用分野】本発明は、気体燃料あるいは液体燃料により予混合燃焼を行うガスタービン燃焼器に関する。

【0002】

【従来の技術】一般的に、燃焼時に生成される NO_x には、燃料中の窒素化合物から生成されるフューエル NO_x と、空気中の窒素から生成されるサーマル NO_x とがある。フューエル NO_x を低減させるための技術には、燃焼領域に還元領域を形成させて NO_x を N_2 と O_2 とに還元する方法などがあるが、基本的には燃料中の窒素分

の低減、つまり燃料の改質を行うことが最も効果的である。一方、サーマル NO_x を低減させる技術には、水噴射法、排ガス再循環法、燃料稀薄燃焼法などがある。これらは、主として火炎温度を低下させることにより、サーマル NO_x を低減させるものであるが、これらの手法を用いると、火炎の安定性が低下しやすい。

【0003】通常、燃焼器における燃焼方法として、燃料と空気とをそれぞれ異なるノズルから噴出する、いわゆる拡散燃焼が主に用いられてきたが、最近では、燃料と空気とを予め混合し同一のバーナから噴出する予混合燃焼が用いられつつある。

【0004】予混合燃焼を用いることによる利点は、主として次の2点である。ひとつは、予混合燃焼を用いると燃焼の反応領域を小さくすることができる。つまり、バーナから噴出する気体がすでに燃料と空気との予混合気体であるため、バーナの下流側に予混合気体を形成するための領域を要せず、火炎を短くすることができ、高負荷燃焼することが可能な点である。もうひとつは、サーマル NO_x を低減できることである。燃焼室内に異なるノズルから燃料と空気とを噴出する拡散燃焼では、たとえ燃料を稀薄の条件で燃焼させても燃焼室内での燃料と空気との混合過程において、空気比が1（理論混合比）付近になる領域が必ず存在するため、 NO_x の低減が一般に困難であるとされる。これに対して、過剰の空気と燃料とを予め混合して燃焼する燃料稀薄予混合燃焼法では、全ての燃焼領域で燃料が稀薄な燃焼条件のもとで燃焼するため NO_x の低減が容易である。このような稀薄予混合燃焼法は、例えば、特公昭62-35016号公報に記載されているガスタービンの燃焼器などで採用されつつある。

【0005】稀薄予混合燃焼は、空気過剰での燃焼であるため火炎温度が低くなって、 NO_x の低減は図れるが、予混合火炎の安定性が劣るのが欠点である。予混合火炎の安定性を向上させるためには、理論混合比近傍で火炎を形成する必要があるが、前述のように理論混合比付近での燃焼は、 NO_x の発生量が多い。

【0006】このように、安定な火炎を形成し易い条件と NO_x の発生を抑制できる条件とは異なるため、過剰空気比条件でも安定に火炎を形成する保炎技術、もしくは理論混合比付近で燃焼させても NO_x を低減できる燃焼技術が必要になる。

【0007】従来、予混合火炎の安定化技術として、例えば、米国特許4,051,670号公報や米国特許4,150,539号公報に記載されている燃焼器がある。前者の燃焼器は、空気と燃料との混合気体を燃焼室内で旋回させる旋回手段と、旋回流が形成されている領域内の一部を減圧する減圧手段とを備えており、混合気体の旋回流内に高温の燃焼気体を導くことにより、燃料の着火性が確保され、火炎を安定させるというものである。また、後者の燃焼器は、空気と燃料との混合気体の噴出口に抵抗板を設

け、この抵抗板の下流側に形成される高温の燃焼気体が着火源となり、火炎を安定させるというものである。

【0008】この他、特開昭59-74406号公報に記載されているもののように、パイロット火炎を用いるものや、特開平64-54122号公報に記載されているもののように、旋回流を形成させるものなど、火炎を安定させる多数の技術がある。

【0009】なお、これらの技術は、いずれも、燃焼室形状や旋回流の影響等により、燃焼気体と予混合気体との混合領域はほとんど形成されていない。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】 上述のような火炎の安定化技術を用いて、稀薄予混合燃焼を行うと、予混合火炎は安定すると共に、ある程度の NO_x 低減も実現できる。しかしながら、近年、光化学スモッグの原因となる NO_x に対する排出規制が年々厳しくなっており、さらに、 NO_x を低減することができる技術が望まれている。

【0011】本発明の目的は、このような点について着目してなされたもので、予混合燃焼の際、安定した火炎を得ることができると共に、より NO_x を低減することができるガスタービン燃焼器を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】 前記目的を達成するための第1のガスタービン燃焼器は、燃料が燃焼する燃焼室と、空気と別個に燃料を該燃焼室内に噴出するバーナと、燃料を噴出するノズルとを有するガスタービン燃焼器において、前記バーナは、前記燃焼室の上流側のほぼ軸中心部に配置され、前記ノズルは、前記バーナの周囲に複数個設置され、複数の該ノズルに対応してそれぞれ形成された噴出口から前記燃料と共に空気を噴出することを特徴とするものである。

【0013】ここで、前記第1のガスタービン燃焼器において、複数の前記噴出口が前記バーナの周囲に、円環状に形成されていてもよい。

【0014】また、前記目的を達成するための第2のガスタービン燃焼器は、燃料が燃焼する燃焼室と、着火時に使用するパイロットバーナと、燃料を噴出するメインノズルとを有するガスタービン燃焼器において、前記パイロットバーナは、前記燃焼室の上流側のほぼ軸中心部に配置され、前記メインノズルは、前記パイロットバーナの周囲に複数個設置され、複数の前記メインノズルにそれぞれ対応して形成され、該メインノズルから噴出された前記燃料に空気を混ぜた予混合気体を噴出する複数の噴出口を有することを特徴とするものである。

【0015】また、前記目的を達成するための第3のガスタービン燃焼器は、燃料が燃焼する燃焼室と、空気と別個に燃料を該燃焼室に噴出するバーナと、燃料を噴出するノズルとを有するガスタービン燃焼器において、前記バーナは、前記燃焼室の上流側のほぼ軸中心部に配置

され、前記ノズルは、前記バーナの周囲に複数個設置され、複数の前記ノズルにそれぞれ対応し形成され、該ノズルから噴出された前記燃料に空気を混ぜた予混合気体を噴出する複数の噴出口を有し、前記バーナの外周側に、前記噴出口から噴出された予混合気体の流路を狭め、複数の噴出口に沿って環状の環状部材が突出して設置されていることを特徴とするものである。

【0016】前記目的は、燃料と空気とが混合した予混合気体を噴出する予混合バーナを備えた燃焼器において、前記予混合バーナから噴出する予混合気体の内部から周囲に向かって、該予混合気体の燃焼を進行させるさせる予混合気体燃焼手段と、前記予混合バーナから噴出する予混合気体の外側から、該予混合気体に燃焼気体を混入させる気体混入手段とを備えていることを特徴とする燃焼器により達成することができる。

【0017】前記目的は、燃料と空気とが混合した予混合気体を噴出する予混合バーナを備えた燃焼器において、前記予混合バーナから噴出する予混合気体の内部に、該予混合気体の着火温度を越える高温領域を形成する高温領域形成手段と、前記予混合バーナから噴出する予混合気体の外側に、燃焼気体を循環させる燃焼気体循環手段とを備えていることを特徴とする燃焼器によっても達成することができる。

【0018】また、前記目的は、燃料と空気とが混合した予混合気体を噴出する予混合バーナを備えた燃焼器において、前記予混合バーナの出口近傍に、下流側の断面積が急激に小さくなり、噴出する予混合気体の抵抗となる抵抗体を設け、前記予混合気体が燃焼する燃焼室を前記予混合バーナの出口から急激に大きくなるよう形成したことを特徴とする燃焼器によっても達成することができる。

【0019】前記目的を達成することができると共に、大型化に好適な燃焼器としては、所定の火炎が形成される第1の燃焼室と、予混合火炎が形成される第2の燃焼室とを備えている燃焼器において、前記第2の燃焼室に噴出される予混合気体の抵抗となり、予混合気体の燃焼により発生する燃焼気体の循環流を下流側に形成する抵抗体と、前記燃焼気体を前記予混合火炎に混入させる燃焼気体混入手段とを備えていることを特徴とするものである。

【0020】ここで、前記第1の燃焼室に形成される火炎は、拡散火炎でも予混合火炎でもよいが、第1の燃焼室に形成される火炎が拡散火炎である場合には、第1の燃焼室を第2の燃焼室の上流側に設けることが好ましい。燃焼器の大型化のためには、前記2次燃焼室に予混合気体を噴出する予混合バーナが、環状に形成されていることが有効である。さらに大型化するためには、環状に形成されている前記予混合バーナが、周方向に複数に分割することが有効である。

【0021】なお、予混合気体を噴出する予混合バーナ

が、環状に形成されている場合には、この予混合バーナに沿って、前記抵抗体も環状に形成することが好ましい。

【0022】また、燃焼器の起動を容易にするために、上流側の燃焼室内にパイロットバーナを設けることが有効である。また、第1の燃焼室と第2の燃焼室とのいずれか一方を上流側に配し、他方を下流側に配した場合には、上流側の燃焼室内で発生した燃焼気体を下流側の燃焼室で形成される火炎に混入させることができるように、これらの燃焼室の形状および配置関係を定めることがよい。

【0023】前記抵抗体は、この断面積が、予混合バーナの出口面積よりも小さくなるよう形成することが好ましい。また、前記抵抗体を冷却する冷却手段を備えていることが好ましい。具体的には、抵抗体の内部に冷却用の空気または水を供給することにより、実施される。

【0024】予混合火炎が形成される燃焼室における、予混合バーナ出口から急激に広がる幅は、できる限り大きくすることが好ましい。しかしながら、この幅を大きくすると、燃焼器の大型化しコストが嵩むので、予混合バーナの出口幅に対して、1.5倍程度にすることが適当であると思われる。

【0025】なお、以上の燃焼器の構成は、ガスタービン燃焼器に適用することができる。また、これらの燃焼器は、燃焼器に、ガスタービンを接続し、このガスタービンに発電機を接続することにより、ガスタービン発電機を構成することができる。

【0026】また、前記目的は、燃料と空気が混合した予混合気体を噴出するバーナにおいて、噴出する前記予混合気体の抵抗となり、該予混合気体の燃焼により発生する燃焼気体の循環流を下流側に形成する抵抗体と、噴出する前記予混合気体の外側から前記燃焼気体を混入させる燃焼気体混入手段とを備えていることを特徴とするバーナによっても達成することができる。

【0027】また、前記目的は、燃料と空気が混合した予混合気体を燃焼させる燃焼方法において、予混合気体噴流の内部から外側に向かって、該予混合気体の燃焼を進行させ、前記予混合気体噴流の外側から、該予混合気体の燃焼により発生する燃焼気体を前記予混合気体内に混入させることを特徴とする燃焼方法によっても達成することができる。

【0028】

【作用】予混合火炎でサーマルNO_xを低減させるには、先に述べたように、従来、過剰空気条件下で燃焼を行うことが主流であるが、発明者らは、鋭意検討の結果、予混合気体噴流のほぼ中心に高温の燃焼気体を循環させるとともに、予混合気体が燃焼する前に、燃焼気体の一部を予混合気体に混入させることにより、予混合火炎を安定化させることができると共に、NO_xを低減することができることを明らかにした。

【0029】本発明は、この知見に基づいてなされたものである。内側の予混合気体は、高温の燃焼気体という着火源を得て、確実に着火し、外側に向かって火炎が伝播して行く。一方、外側の予混合気体には、燃焼気体の一部が混入し、予混合気体と燃焼気体とが混合して形成された燃焼混合気体が、内側から伝播してきた火炎により、着火して燃焼する。

【0030】したがって、予混合気体の内側が確実に着火するので、予混合火炎は、安定化する。また、単なる予混合気体が燃焼する高温の燃焼領域が縮小されると共に、酸素分圧の低い燃焼混合気体が燃焼するので、NO_xが著しく低減する。

【0031】具体的に、本発明に係る燃焼器の作用について説明する。抵抗体と、予混合気体を噴出する予混合バーナ出口から急激に広がる燃焼室とを備えているものでは、抵抗体の下流側の断面積が急激に小さくなっているので、抵抗体の下流側に気体の第1の循環流領域が形成される。また、燃焼室が予混合バーナ出口から急激に広がっているので、予混合バーナ出口の外周側つまり噴出する予混合気体の外側にも気体の第2の循環流領域が形成される。

【0032】第1の循環流領域には、高温の燃焼気体の一部が流入し、第1の循環流領域の周囲の予混合気体が、高温の燃焼気体により着火し、そこに比較的急激な燃焼領域が確実に形成される。このように、比較的急激な燃焼領域が確実に形成されるので、予混合火炎は安定化する。

【0033】第2の循環流領域にも、燃焼気体の一部が流入する。これが、予混合バーナから噴出する予混合気体と混合して燃焼混合気体を形成する。燃焼混合気体は、噴流の内部に形成される比較的急激な燃焼領域から外部に向かって伝播してくる火炎により、燃焼し、緩慢な燃焼領域を形成する。緩慢な燃焼領域内では、酸素分圧の低い燃焼混合気体が燃焼するので、NO_xの発生量が極めて少ない。また、比較的急激な燃焼領域は、緩慢な燃焼領域が形成されるので、縮小され、ここで発生するNO_xの量も少なくなる。

【0034】したがって、燃焼領域で発生するNO_xを著しく低減することができる。なお、緩慢な燃焼領域を形成するためには、このように、火炎が噴流の内部から外部に向かって伝播してくる必要がある。これは、予混合気体噴流の外側から火炎が形成されると、予混合気体が燃焼気体と混合する前に燃焼してしまい、燃焼混合気体が形成されないからである。

【0035】予混合火炎が形成される燃焼室における、予混合バーナ出口から急激に広がる幅をより大きくしたものでは、燃焼気体の一部が循環する第2の循環流領域を広げることができて、予混合気体と燃焼気体とが混合する量が増え、NO_xをより低減することができる。なお、予混合バーナ出口から急激に広がる幅を予混合バー

ナの出口幅の約1.5倍にすると、この幅の大きさに対する NO_x 低減効果を最もよくすることができる。

【0036】また、所定の火炎が形成される第1の燃焼室と予混合火炎が形成される第2の燃焼室とを備えている燃焼器では、予混合火炎は、前述したように、抵抗体の作用により、安定して燃焼する。また、2つの燃焼室を有するので、それぞれの燃焼室内の負荷を変えることにより、負荷変動の許容範囲を広げることができる。したがって、このような構成が大型の燃焼器に好適である。

【0037】燃焼器の大型化のためには、予混合気体を噴出する予混合バーナを環状に形成し、この予混合バーナから予混合気体を下流側に噴出するように構成することがよい。これは、火炎相互の干渉による燃焼振動を抑えることができるからである。また、環状に形成した予混合バーナを周方向に複数に分割すると、逆火を防ぐことができると共に、予混合バーナ内で燃焼用空気と燃料とを効率よく混合することができる。

【0038】ここで、第1の燃焼室と第2の燃焼室とのいずれか一方を上流側に配し、他方を下流側に配した場合には、上流側の燃焼室内で発生した燃焼気体を下流側の燃焼室で形成される火炎に混入させることができるよう構成すると、下流側の燃焼室では、酸素分圧の低い燃焼気体の混入により、火炎から発生する NO_x 量を少なくすることができる。

【0039】また、第1の燃焼室に拡散火炎を形成し、これを第2の燃焼室より上流側に位置させることにより、燃焼器の起動を容易に行うことができる。起動時には、まず、第1の燃焼室に拡散火炎を形成する。拡散火炎は、燃料に対する空気の量を容易に大きくすることができるので、簡単に形成することができる。したがって、燃焼器の起動を容易に行うことができる。次に、第2の燃焼室に予混合火炎を形成する。予混合バーナから噴出する予混合気体は、既に形成されている拡散火炎の熱により温められ、容易に燃焼する。拡散火炎は、 NO_x の発生量が多いので、 NO_x の発生量を少なくするために、予混合火炎が形成されると、同時に、拡散火炎を小さくするか消火してしまうことがよい。

【0040】また、予混合火炎を形成する燃焼室が上流側に設けられている場合には、この燃焼室にパイロットバーナを設けることにより、燃焼器の起動を容易に行うことができるようになる。

【0041】第1の燃焼室および第2の燃焼室に予混合火炎を形成するものでは、先の手段により、火炎を安定させることができると共に、両方の燃焼室で形成される火炎から発生する NO_x 量を少なくすることができるので、燃焼器から排出される NO_x 量を極めて少なくすることができる。

【0042】本発明に係る燃焼器をコジェネレーションシステムのガスタービン燃焼器に用いると、コジェネレ

ーションシステムを構成する廃熱回収ボイラ内の脱硝装置で使用するアンモニアの量を少なくすることができる。アンモニアは、ガスタービンを介して送られてくる燃焼気体中の NO_x と反応させて、燃焼気体中から NO_x を取り除くものであるが、 NO_x の発生量が少なくなるので、使用するアンモニアの量も少なくすることができる。また、運転形態によっては、脱硝装置が無くても環境規制値を満足することができる。

【0043】

【実施例】以下、図1～図31に基づき本発明の各種実施例について説明する。なお、各種実施例において同一部位には同一の符号を付し、重複した説明を省略する。

【0044】ガスタービン燃焼器の第1の実施例について、図1～図6に基づき説明する。ガスタービン燃焼器100には、図4に示すように、燃焼用空気1を加圧して燃焼器100に送り込む空気圧縮機301と、燃焼器100内で発生した燃焼気体4により駆動するガスタービン303とが接続されている。ガスタービン303には発電機304が接続されている。

【0045】ガスタービン燃焼器100は、図1～図3に示すように、その燃焼器ケーシング10に、空気圧縮機301からの燃焼用空気1を取り入れる空気取入口11と、燃焼により発生する燃焼気体4を排出する燃焼気体排出口12とが形成されている。燃焼器ケーシング10内には、1次燃焼室30を形成する1次燃焼用内筒31と、2次燃焼室20を形成する2次燃焼用内筒21とが設けられている。

【0046】1次燃焼用内筒31は、燃焼器ケーシング10内の燃焼気体排出口12と相対する面に設けられている。1次燃焼用内筒31には、第2図に示すように、1次燃料2を噴出する複数のパイロットバーナ34、34、…が、同一円周上に等間隔で配設されている。このパイロットバーナ34、34、…には、1次燃料2を受け入れる1次燃料受入ノズル32が接続されている。1次燃焼用内筒31の側周には、空気取入口11から流入する燃焼用空気1を内筒31内に流入させるための1次空気供給口33、33、…が形成されており、そこには、流入する燃焼用空気4量を調節するための1次空気調節弁35が設けられている。

【0047】2次燃焼用内筒21は、1次燃焼用内筒31の下流側に設けられており、その側周には内筒自身を冷却するための冷却空気口22が形成されている。2次燃焼用内筒21の上流端には、燃焼用空気1と2次燃料3との予混合気体5を噴出する複数の予混合バーナ23、23、…が、図2に示すように、同一円周上に配され、環状の予混合バーナ群24を形成している。バーナ23、23、…の下流端には、燃焼用空気1をバーナ23、23、…内に流入させる2次空気供給口25、25、…と、2次燃料3を噴出する2次燃料ノズル26、26、…とが、設けられている。この2次燃料ノズル2

6, 26, …には、2次燃料3を受け入れる2次燃料受入ノズル27, 27, …が接続されている。2次空気供給口25, 25, …には、流入する燃焼用空気1量を調節するための2次空気調節弁28, 28, …が設けられている。

【0048】環状の予混合バーナ群24の外周の径は、2次燃焼用内筒21の内径よりも小さく、2次燃焼室20は、予混合バーナ23の出口で急激に大きくなるよう形成されている。

【0049】予混合バーナ23の出口近傍には、混合気体5の燃焼により発生する燃焼気体4を循環させるための抵抗体40が設けられている。抵抗体40は、図2および図3に示すように、予混合バーナ群24に沿って環状を成し、その断面はV字状を成している。環状の抵抗体40の半径方向の幅は予混合バーナ群24の半径方向の幅よりも小さく形成されている。断面がV字状の抵抗体40は、その頂点部が上流方向に向くように設けられている。頂点部には、抵抗体40を支持する支持部材41が設けられている。この支持部材41は、複数の予混合バーナ23, 23, …間を仕切る仕切板29上に設けられている。

【0050】2次燃焼用内筒21の下流端には、燃焼気体4を燃焼器ケーシング10の燃焼気体排出口12に導くためのトランジションピース15が接続されている。

【0051】次に第1の実施例の燃焼器の作用について説明する。

【0052】空気圧縮機301で加圧された燃焼用空気1は、空気取入口11から燃焼器ケーシング10内に流入する。燃焼用空気1は、燃焼器ケーシング10とトランジションピース15および2次燃焼用内筒21との間を通過して、1次空気供給口33から1次燃焼用内筒31内へ、2次空気供給口25から2次燃焼用内筒21内へと流入する。燃焼用空気1の一部は、2次内筒21の冷却空気口22から壁面冷却のために、2次内筒21内へ流入する。一方、燃料2, 3は、1次燃料受入ノズル32および2次燃料受入ノズル27から燃焼器100内に流入し、パイロットバーナ34および2次燃料ノズル26から噴出する。

【0053】本実施例で使用される燃料は、液化天然ガスである。液化天然ガスは、硫黄分や窒素化合物をほとんど含まず、SO_xやフューエルNO_xの発生量が少なく、クリーンなエネルギーとして、近年その需要が伸びている燃料である。

【0054】パイロットバーナ34から噴出した1次燃料2は、燃焼用空気1と反応して、1次燃焼室30内に拡散火炎を形成する。一方、2次燃料ノズル26から噴出した2次燃料3は、複数の予混合バーナ23, 23, …内で燃焼用空気1と混合して予混合気体5を形成してから、2次燃焼室20内に噴出する。

【0055】2次燃焼室20内に噴出した予混合気体5は、図3に示すように、抵抗体40により分流される。抵抗体40の下流側には、気体が循環する第1の循環流領域51が形成される。また、抵抗体40の外周側、つまり2次燃焼室21内の上流端の外周側にも、気体が循環する第2の循環流領域52が形成される。この循環流は、2次燃焼室20が予混合バーナ23の出口から急激に大きくなっているために形成される。

【0056】第1の循環流領域51には、図3に示すように、予混合気体5の燃焼により生成した2000℃前後の高温の燃焼気体4が流れ込む。このため、第1の循環流領域51は、予混合気体5の着火温度である700～800℃を越えて、1500℃以上の高温な領域となり、第1の循環流領域51に近接する予混合気体5は、確実に燃焼し、比較的急激な燃焼領域53が形成される。したがって、2次燃焼室20内で形成される予混合火炎は、高温の燃焼気体4という着火源を得ることにより、安定化する。

【0057】一方、円形状の抵抗体40の外周側に形成される第2の循環流領域52には、燃焼気体4と予混合気体5とが流れ込み、燃焼気体4と予混合気体5とが混合して燃焼混合気体6が形成される。また、環状の抵抗体40の内周側にも、1次燃焼室30で発生した燃焼気体4と予混合気体5とが混合して酸素分圧の低い燃焼混合気体6が形成される。

【0058】この燃焼混合気体6は、比較的急激な燃焼領域53からの火炎が伝播して、燃焼し、比較的急激な燃焼領域53の外側に緩慢な燃焼領域54を形成する。緩慢な燃焼領域54では、酸素分圧の低い燃焼混合気体6が燃焼するため、燃焼温度も低く、この領域で生成されるNO_x量は、極めて少ない。

【0059】燃焼混合気体6を形成するためには、火炎が、予混合バーナ23から噴出する予混合気体5の内部から外側へ伝播して行くことが必要である。これは、仮りに、外側から着火して火炎が内側へ伝播して行くと、予混合気体5が、燃焼気体4と混合する前に燃焼してしまい、燃焼混合気体6が形成されないからである。

【0060】ここで、2次燃料3、燃焼用空気1、および燃焼気体4を均一に混合した後、予混合バーナ23から噴出し、火炎を形成すると、緩慢な燃焼領域のみが形成されるため、安定な火炎が形成されない。

【0061】また、予混合バーナ23は、本実施例のように、1次燃焼室30の下流端に環状に配置することが望ましい。このように予混合バーナ23を配置すると、1次燃焼室30中で形成される拡散火炎から排出される燃焼気体4の熱により、予混合バーナ23から噴出される予混合気体5がより速やかに着火され、予混合火炎はより安定化する。

【0062】また、抵抗体40の半径方向の幅に関しても、本実施例のように、予混合バーナ23の出口の半径方向の幅より小さくすることが望ましい。抵抗体40の

幅が予混合バーナ23の出口の幅より大きいと、第1の循環流領域51が大きなものとなり、予混合火炎が抵抗体40の近傍に保持されず、火炎の安定性が低下する。

【0063】燃焼器100で発生した燃焼気体4は、燃焼気体排出口12から排出され、ガスタービン303に供給される。ガスタービン303内では、高温高压の燃焼気体4が膨張する過程で、タービンが駆動される。ガスタービン303の動力は、発電機304に伝達され、発電が行われる。

【0064】一般に、近年のガスタービン発電設備では、ガスタービン303から排出される燃焼気体4が、廃熱回収ボイラへ導かれ、水蒸気発生用の熱源として用いられることが多い。廃熱回収ボイラ内には、脱硝装置が設けられていることがある。この脱硝装置は、固体触媒表面上でアンモニアと燃焼気体4とを反応させて、燃焼気体4中のNO_xを取り除くものである。本実施例に係る燃焼器100を使用する場合、NO_xの発生量が少なくなるため、脱硝装置でのアンモニア使用量を低減することができる。また、運転形態によっては、脱硝装置が無くても環境規制値を満足することができる。

【0065】なお、本実施例において、複数の予混合バーナ23、23、…を形成するために、仕切板29を設けたが、抵抗体40を他の方法で支持できる場合は、特に仕切板29を設けて複数の予混合バーナ23、23、…を形成する必要がない。ただし、燃焼器が大型化して予混合バーナが大きくなるような場合には、燃料2と燃焼用空気1との混合を十分に行うために、また、逆火を防ぐために、仕切板29を設けて複数の予混合バーナ23、23、…を形成する方がよい。

【0066】次に、本実施例のガスタービン燃焼器100の運転方法について図5および図6を用いて説明する。ガスタービン303の起動時には、図6に示すように、燃焼器100に1次燃料2のみを投入し、1次燃焼室30において拡散火炎を形成させる。ガスタービン303の負荷がある一定の負荷L₀%に達した時点で、1次燃料2の量を減少させ、これに対応して2次燃料3の量を増加させ、2次燃焼室20において予混合火炎を形成させる。一定の負荷L₀%から最大負荷100%に達するまでは、主として2次燃料量3を増加させることにより負荷変化に対応させる。

【0067】また、空気供給量は、NO_x発生量のある範囲内に保つように、図5に示すように、燃料2、3の増減に対応させて、1次空気量を減少させ、2次空気量を増加させる。

【0068】抵抗体40が設けられていない燃焼器においては、2次燃焼室20において形成する予混合火炎の安定性が、1次燃焼室30において形成する拡散火炎での燃焼量および拡散火炎の空気比などにより影響を受けるため、投入する1次燃料2の量と2次燃料3の量の比が一定の範囲内に制限される。本実施例の燃焼器では、

予混合火炎を単独で安定化する機構を有するため、1次燃料2量と2次燃料3量の比を任意に設定でき、負荷変動に対する燃料供給の調整を容易に行うことができる。また、負荷変動範囲を大きくすることができる。

【0069】なお、本実施例の燃焼器100では、燃料切り替え後、1次燃料2の供給を停止しても良いが、1次燃料2を常時1次燃焼室20に投入し、拡散火炎を形成しておくことにより、負荷増減の対応を素早く行うことができる。

【0070】次に、種々の燃焼器に関して検証を行ったので、予混合火炎の安定化の原理およびNO_xの低減効果について、図7から図13に基づき説明する。

【0071】この検証には、5種類の検証用燃焼器を用いている。第1の検証用燃焼器410は、図7に示すように、予混合バーナ411と、このバーナ411の出口から急激に大きくなる燃焼室412と、バーナ411の出口の周囲に配されているパイロットバーナ413、413、…とを備えているものである。なお、パイロットバーナ413からの気体噴出流量は、予混合バーナ411からの気体噴出流量の1/1000以下に設定されている。

【0072】パイロットバーナ413でパイロットフレーム414を形成し、これを着火源として、予混合バーナ411から噴出する予混合気体401を燃焼させる。予混合火炎402は、バーナ411の出口から円錐状に形成される。予混合火炎402の外周には、燃焼気体404による外部循環領域403が形成される。

【0073】この燃焼では、パイロットフレーム414という着火源があるので、予混合火炎402は安定化するが、予混合火炎402がバーナ411の出口から形成され、先端が分離していないので、火炎402の周囲に形成されている燃焼気体404の循環流と予混合気体401とのが混合することがほとんど期待できない。したがって、予混合気体401が燃焼気体404と混合した状態で燃焼することはほとんど無く、NO_xをあまり低減できない。

【0074】第2の検証用燃焼器420は、本発明に係る燃焼器で、図8に示すように、予混合バーナ411と、このバーナ411の出口から急激に大きくなる燃焼室412と、バーナ411の出口近傍に配され平板状の抵抗体421とを備えているものである。

【0075】予混合気体401をバーナ411から噴出する。予混合気体噴流の内部には、抵抗体421の作用により、内部循環領域422が形成される。また、燃焼室412がバーナ411の出口から急激に大きくなっていることにより、外部循環領域423が形成される。内部循環流領域422と外部循環流領域423の形成に関しては、燃焼室412内の温度分布、ガス組成分布、流速分布、およびOHラジカル等の発光スペクトル分布を測定することにより、確認している。

【0076】内部循環流領域422には、高温の燃焼気

体404が流入し、内部循環領域422の周囲に比較的急激な燃焼領域424が確実に形成される。このように、比較的急激な燃焼領域424が確実に形成されるので、予混合火炎は安定化する。また、比較的急激な燃焼領域424、つまり、ラジカル濃度の高い領域が、特定の狭い範囲内にしか形成されないため、燃焼用空気中の窒素の分解および酸化が促進される領域が狭く、サーマルNOxの発生を抑制することができる。

【0077】比較的急激な燃焼領域424の周囲には、外部循環領域423内の燃焼気体404とバーナ411から噴出した予混合気体401とが混ざり合い燃焼混合気体が形成される。燃焼混合気体は、噴流の内部に形成される比較的急激な燃焼領域424から外部に向かって伝播してくる火炎により、燃焼し、緩慢な燃焼領域425を形成する。緩慢な燃焼領域425内では、酸素分圧の低い、つまりラジカル濃度の低い条件で燃焼が進行するので、NOxの発生量を極めて低い値に抑えることができる。

【0078】なお、この検証用燃焼器420では、NOxの低減のため、予混合バーナ411から噴出した予混合気体401自身の燃焼により発生した燃焼気体404を用いているが、他のバーナから噴出した燃料の燃焼により発生した燃焼気体を用いても良い。

【0079】第3の検証用燃焼器430は、図9に示すように、予混合バーナ411と、このバーナと同径の燃焼室431と、平板状の抵抗体421とを備えている。この検証用燃焼器430による燃焼では、第2の検証用燃焼器420と同様に、抵抗体421の作用により、予混合火炎432を安定化させることができるが、火炎432の外側に燃焼気体404による外部循環領域を形成することができないので、NOxをあまり低減させることができない。

【0080】第4の検証用燃焼器440は、図11に示すように、第1の予混合バーナ441と、このバーナ441の側周に沿った環状の噴出口を有する第2の予混合バーナ442と、第1の予混合バーナ441近傍に配されている平板状の抵抗体421と、第2の予混合バーナ442出口から急激に大きくなる燃焼室443とを備えている。

【0081】第1の予混合バーナ441から噴出する予混合気体401は、抵抗体421の作用により、安定した第1の予混合火炎444を形成する。第2の予混合バーナ442から噴出する予混合気体405は、第1の予混合火炎444を着火源として第2の予混合火炎445を形成する。第2の予混合火炎445は、第2の予混合バーナ442の出口で第1の予混合バーナ441との境目から、第1の予混合火炎444のほぼ先端まで形成される。この検証用燃焼器440による燃焼では、第1の予混合バーナ441から噴出する予混合気体401が、燃焼気体404と混合する前に燃焼してしまうので、N

Oxをあまり低減することができない。

【0082】図10および図12に、以上の検証用燃焼器のNOx排出特性を示す。図10に示すNOx排出特定曲線419、429、439のうち、曲線419は第1の検証用燃焼器410によるものを、曲線429は第2の検証用燃焼器420によるものを、曲線439は第3の検証用燃焼器430によるものを表している。

【0083】また、図12に示すNOx排出特性曲線429、448、449のうち、曲線429は第2の検証用燃焼器420によるものを、曲線449は第4の検証用燃焼器440で2つのバーナからそれぞれ噴出する燃料と空気との量変えたときに最もNOx発生量が少ない条件下でのものを、曲線448は第4の燃焼器440で最もNOx発生量が大い条件下でのものを表している。

【0084】これらの図より、本発明に係る第2の検証用燃焼器420を用いると、他の燃焼器を用いるより、NOx排出量を1/3以下に低減させることができることがわかる。

【0085】サーマルNOxは、NOxが発生する領域及びその生成速度の点から、ゼルドヴィッチ機構によるNOxと、プロンプトNOxとの二つに分類される。

【0086】ゼルドヴィッチ機構によるNOxは、火炎後流で比較的遅い速度で生成するもので、燃焼空気中の窒素が酸素により酸化されて生成するNOxである。ゼルドヴィッチ機構によるNOxの生成は温度依存性が高く、火炎温度が高くなると発生量が増加する。投入空気量と燃料を完全燃焼するのに必要な空気量との比である空気比を1付近、即ち当量比付近で燃焼すると火炎温度は最も高くなり、NOx濃度も最大になる。

【0087】プロンプトNOxは、炭化水素系燃料特有のもので、火炎の反応領域中あるいはその近傍で比較的早い速度で生成するNOxである。プロンプトNOxは、燃料空気中の窒素が、火炎中に存在する反応活性の高い炭化水素ラジカルなどにより分解され、さらに酸化されて生成するNOxである。プロンプトNOxの生成は温度依存性が比較的低く、反応活性の高いラジカルの濃度および高濃度のラジカルが存在する領域の大きさにより支配される。

【0088】一般的に、燃焼用空気に対して、燃料量が多いほどプロンプトNOxの発生量が増し、燃料量が少ないほどゼルドヴィッチ機構によるNOxの発生量が増す傾向にあるが、図10および図12より、本発明に係る第2の検証用燃焼器を用いると、いずれのNOxも低減できることがわかる。したがって、本発明に係る燃焼器では、空気比が大きい条件下での燃料の燃焼でも、空気比の小さい条件下での燃料の燃焼でも、NOxを低減することができ、稀薄予混合燃焼を行わなくても十分にNOxを低減することができる。また、稀薄予混合燃焼法を採用すると、よりNOxを低減することができる。

【0089】なお、第2の検証用燃焼器420におい

て、燃料をメタンとし、噴出する予混合気体の温度が約240℃で、燃焼室中に空気比が1.0~1.1で、燃焼用空気と燃料の予混合気体のみを供給し完全燃焼させた際のNO_xの排出濃度は、約60ppm(0%O₂換算値)以下であった。

【0090】第5の検証用燃焼器450は、図13に示すように、環状に複数の噴出口を有する予混合バーナ451、451、…と、このバーナに沿って設けられている平板状の抵抗体452と、予混合バーナ451の出口から急激に大きくなる燃焼室453とを備えている。

【0091】本検証用燃焼器450は、それぞれの予混合バーナ451、451、…に対応させて、抵抗体452を設けたものであるが、このように構成することで、バーナ451、451、…から噴出する予混合気体401と外部循環領域454内の燃焼気体404とを混合させることができ、NO_xを低減することができる。

【0092】次に、ガスタービン燃焼器の第2の実施例について図14に基づき説明する。本実施例のガスタービン燃焼器110は、拡散火炎を形成する1次燃焼室30aと、予混合火炎を形成する2次燃焼室20aとを備え、第1の実施例の燃焼器100とその基本構成がほぼ同じものであるが、2次燃焼室20aにおける、予混合バーナ23の出口から急激に広がる幅Dを広げたものである。

【0093】2次燃焼用内筒21aの内径は、予混合バーナ23の出口から2次燃焼室20aが急激に広がる幅Dが、予混合バーナ23の出口幅dに対して、約1.5倍になるよう設定されている。

【0094】本実施例では、第1の実施例と同様に、抵抗体40の下流側に、燃焼気体4による第1の循環流領域51が形成されるので、安定した予混合火炎を得ることができる。さらに、2次燃焼室20aにおける予混合バーナ23の出口から急激に広がる幅Dが広がったので、抵抗体40の外周側に形成される第2の循環流領域52aが広がり、バーナ23から噴出する予混合気体5と第2の循環流領域52a内の燃焼気体4との混合率が増える。したがって、予混合気体5と燃焼気体4とが混合して形成される酸素分圧の低い燃焼混合気体が、単なる予混合気体5が燃焼するよりも多く、燃焼することになるので、NO_xをより低減することができる。

【0095】また、予混合バーナ23の出口から急激に広がる幅Dを広げることにより、2次燃焼用内筒22aの冷却空気口22から流入する燃焼用空気1が直接燃焼領域内に流入して燃焼温度を下げるのがないので、COおよび未燃炭化水素の発生を抑制することができる。

【0096】予混合火炎を形成する燃焼室において、予混合バーナの出口から燃焼室が急激に広がる幅を変えた場合における、NO_xの低減効果について検証したので、これについて説明する。検証には、図15に示すように、予混合バーナ462と、予混合火炎が形成される

燃焼室461と、抵抗体463とを備えている燃焼室460を用いて行った。

【0097】図16に示すように、予混合バーナ462の口径D₁と予混合バーナの出口から燃焼室461が急激に広がる幅D₂との比(D₂/D₁)が、大きくなるにつれて、NO_x発生量は小さくなる。これは、D₂が大きくなると、予混合火炎の外側に形成される循環流464が形成され易くなり、火炎中の酸素分圧が低くなるためである。

【0098】なお、この検証結果によれば、D₂/D₁が1.5以上になると、NO_xの低減効果率が小さくなるので、実器の場合には、燃焼器の小型化を図るためにも、D₂/D₁が1.5前後になるよう設計することが好ましいと思われる。

【0099】次に、図17および図18に基づき、ガスタービン燃焼器の第3の実施例について説明する。この燃焼器120は、予混合火炎を形成する燃焼器ケーシング121と、環状に配されている複数の予混合バーナ122、122、…と、複数の予混合バーナ122、122、…へ予混合気体5を供給する予混合気体供給管123と、複数の予混合バーナ122、122、…に沿って設けられている抵抗体124とを備えている。

【0100】予混合気体供給管123の下流には、燃料2を取り入れる燃料ノズル125、125と、燃焼用空気1を取り入れる空気ノズル126とが設けられている。抵抗体124は、平板状を成しており、複数の予混合バーナ122、122相互間を仕切る仕切板127、127、の上に、支持部材128、128、を介して、設けられている。

【0101】本実施例は、先に説明した第5の検証用燃焼器450を実機レベルにしたもので、第1の実施例および第2の実施例と同様に、安定した予混合火炎を得ることができると共に、NO_xの発生を抑制することができる。なお、本実施例では、2つの燃焼室が設けられていないので、先の実施例と比べて、小型化の点では優れているが、負荷変動に対する許容範囲が狭い点で劣っている。

【0102】抵抗体は、第1の実施例および第2の実施例のように断面がV形状である必要は無く、その下流側に循環流を形成することができるものであれば、どのような形状のものでも良く、本実施例のように、平板状のものでも良い。なお、実験によると、平板状の抵抗体の場合、予混合気体の流れ方向に対して、抵抗体が約45°以内の傾斜角で設けられていれば、火炎の安定性にはほとんど影響がないことがわかっている。

【0103】また、抵抗体は、高温になるので、少なくとも500℃以上の耐熱性を備えている材料で形成する必要があるが、抵抗体を中空構造にしてその内に冷却用の空気または水を供給することにより、耐熱性を確保するようにしてもよい。

【0104】次に、ガスタービン燃焼器の第4の実施例について図19および図20に基づき説明する。本実施例のガスタービン燃焼器130は、予混合火炎を形成する2つの燃焼室、1次燃焼室131と2次燃焼室141とを備えている。

【0105】1次燃焼室131は、1次燃焼室内筒132により構成されており、その上流端には、環状に配されている複数の1次予混合バーナ133、133、…が設けられている。予混合バーナ133、133、…の上流側には、1次燃料2を噴出する複数の1次燃料ノズル134、134、…と、燃焼用空気1を内筒132内に流入させるための1次空気供給口135、135、…とが設けられている。1次燃焼室131は、1次予混合バーナ133の出口で急激に大きくなるよう形成されている。

【0106】1次予混合バーナ133の出口近傍には、予混合気体5の燃焼により発生する燃焼気体4を循環させるための抵抗体136が設けられている。抵抗体136は、複数の予混合バーナ133、133、…間を仕切る仕切板137、137…上に、支持部材を介して設けられている。2次燃焼室141は、2次燃焼室内筒142により構成されており、1次燃焼室内筒132の下流側に設けられている。2次燃焼室内筒142の上流端には、環状に配されている複数の2次予混合バーナ143、143、…が設けられている。バーナ143、143、…の上流側には、燃焼用空気1をバーナ143、143、…内に流入させる2次空気供給口145、145、…と、2次燃料3を噴出する2次燃料ノズル146、146、…とが、設けられている。

【0107】1次燃焼室内筒132および2次燃焼室内筒142の側周には、内筒132、142自身を冷却するための冷却空気口138、148が形成されている。燃焼用空気1は、空気圧縮器301により圧縮された後、燃焼器130内に流入し、1次予混合バーナ133および2次予混合バーナ143の混合部139、149において燃料2、3と混合する。このよう形成された予混合気体5は、1次燃焼室131および2次燃焼室141内に噴出する。燃焼用空気1の一部は、内筒132、142の冷却用として冷却空気口138、148から燃焼室131、141内に流入する。

【0108】1次予混合バーナ133から噴出する予混合気体5は、抵抗体136の作用により分割される。抵抗体136の下流側には第1の循環流領域151が形成され、第1の循環流領域151の周囲に予混合火炎が形成される。予混合火炎の周囲には、燃焼気体4による第2の循環流領域152が形成される。予混合火炎では、予混合気体5と燃焼気体4とが混合して形成される燃焼混合気体が燃焼することになるので、NOxが低減される。

【0109】1次燃焼室131で形成された燃焼気体4

は、ほぼ直進して、2次燃焼室141の中心部に流入する。この燃焼気体4の外周側に2次予混合バーナ143からの予混合気体5が噴出される。2次予混合バーナ143から噴出される予混合気体5は、1次燃焼室131で形成された燃焼気体4により着火されて、予混合火炎が形成される。

【0110】本実施例のように、2つの燃焼室を設けることにより、負荷変動に対する許容範囲を大きくすることができる。

【0111】次に、ガスタービン燃焼器の第5の実施例について図21および図22に基づき説明する。本実施例のガスタービン燃焼器160は、予混合火炎を形成する2つの燃焼室、1次燃焼室131と2次燃焼室141とを備えており、それぞれの予混合バーナ133a、143の出口に抵抗体161、163を設けたもので、その他の構成に関しては、第4の実施例のガスタービン燃焼器130と基本的な構成は同じである。なお、1次燃焼用抵抗体161には、その下流側にパイロットフレームを形成するパイロットバーナ162が設けられている。

【0112】燃焼器160の起動時には、パイロットバーナ162のみに燃料を供給し、1次燃焼用抵抗体161の下流側にパイロットフレームを形成させる。

【0113】パイロットフレームが形成された後に、1次予混合バーナ133aから1次燃料2の供給を開始し、予混合火炎を形成させる。この予混合火炎が安定に形成された後、パイロットバーナ162への燃料供給を停止する。このように運転することにより、燃焼器160の起動を容易に行うことができる。また、本実施例では、いずれの予混合バーナ133a、143にも抵抗体161、163が設けられているので、いずれの予混合火炎も燃料の供給量等にあまり影響されることなく、常に安定した予混合火炎を得ることができる。

【0114】次に、ガスタービン燃焼器の第6の実施例について図23に基づき説明する。本実施例の燃焼器170は、第4の実施例の燃焼器130の1次燃焼室131内に、予混合火炎を形成する予混合バーナ133を設けると共に、拡散火炎172を形成するパイロットバーナ（拡散火炎形成バーナ）171を設けたものであり、その他の基本的な構成は、第4の実施例とほぼ同じである。

【0115】燃焼器170の起動時には、まず、パイロットバーナ171から燃料2を噴出し、1次燃焼室131内に拡散火炎172を形成させる。拡散火炎172が形成されると、1次予混合バーナ133に1次燃料2を供給し、1次予混合火炎を形成させる。1次燃焼室131での負荷が所定の負荷になると、2次予混合バーナ143に2次燃料3を供給し、2次予混合火炎を形成させると共に、拡散火炎172を消化させる。このとき、2次予混合火炎は、1次予混合火炎で発生する燃焼気体4

により着火する。これ以降は、1次予混合火炎と2次予混合火炎の負荷を調節して、燃焼器170の負荷変動に対応させる。

【0116】本実施例では、燃焼器170の起動を容易に行うことができる。なお、拡散火炎172を形成させるための燃焼用空気1は、パイロットバーナ171の周囲から供給されが、この燃焼用空気1は、1次予混合火炎から排出される燃焼気体と混合するため、拡散火炎172から排出されるNO_xは少ない。

【0117】次に、ガスタービン燃焼器の第7の実施例について図24および図25に基づき説明する。本実施例の燃焼器180は、1次燃焼室181の上流側に、予混合火炎を形成する複数の予混合バーナ183、183、…と、複数の予混合バーナ183、183、…の出口近傍に配されている抵抗体184と、1次燃焼室181の上流端の中央にパイロットフレームを形成するパイロットバーナ185とを設け、2次燃焼室20、その他の基本的な構成を第1の実施例の燃焼器100とほぼ同じに構成したものである。

【0118】複数の1次予混合バーナ183、183、…は、相互間が仕切板186、186、…により仕切られ、環状に配されている。抵抗体184は、断面がV字形を成し、複数の1次予混合バーナ183、183、…に沿って、その下流側に設けられている。1次燃焼室181は、1次燃焼用内筒182により構成されており、1次予混合バーナ183の出口から急激に広がるよう形成されている。

【0119】起動時には、1次燃焼室181内にパイロットバーナ185によりパイロットフレームを形成させる。次に1次燃焼室181内に予混合火炎を形成させ、所定の負荷になった時点で、2次燃焼室20内に予混合火炎を形成させる。したがって、パイロットバーナ185により燃焼器180を起動させるので、容易に起動を行うことができる。

【0120】また、本実施例では、いずれの燃焼室181、20にも、予混合バーナ183、23の出口に抵抗体40が設けられているので、安定した予混合火炎を得ることができる。さらに、いずれの燃焼室181、20も、予混合バーナ183、23の出口から急激に広がるように形成されているので、予混合火炎の周囲に燃焼気体4による循環流領域187、52が形成され、NO_xの発生を抑制することができる。

【0121】以上の各種実施例において、複数の予混合バーナを設ける場合、これを環状に連続的に配したものを示してきたが、複数の予混合バーナの配列は、これに限定されるものではなく、例えば、図26に示すように、複数の予混合バーナ191、191、…を断続的に放射状に配列してもよい。この際、火炎を安定させる抵抗体192、192、…は、各予混合バーナ191、191、…に対応させて、放射状に設けることが好まし

い。なお、同図に示す燃焼器190は、第7の実施例の変形例である。

【0122】また、以上の各種実施例において、環状に複数の予混合バーナが配されている場合、これに対して、環状の抵抗体を1つ設けたものを示してきたが、環状の複数の予混合バーナに対する抵抗体は、これに限定されるものではなく、例えば、図27に示すように、複数の予混合バーナ183、183、…相互間を仕切るそれぞれの仕切板186、186、…上に複数の抵抗体201、201、…を設けるようにしてもよい。なお、同図に示す燃焼器200は、第7の実施例の変形例である。

【0123】次に、ガスタービン燃焼器の第8の実施例について図28に基づき説明する。本実施例の燃焼器210は、燃焼室211の上流端に、複数の1次予混合バーナ212、212、…が環状に配されている1次予混合バーナ群と、その外周に沿って、複数の2次予混合バーナ23、23、…が環状に配されている2次予混合バーナ群と、燃焼室211の上流端の中央にパイロットフレームを形成するパイロットバーナ185とが設けられているものである。1次予混合バーナ212および2次予混合バーナ23の出口近傍には、抵抗体213、40が設けられている。

【0124】本実施例では、第7の実施例と同様に、安定した予混合火炎を得ることができると共に、NO_xを低減することができる。なお、本実施例の場合、同一の燃焼室211中に1次予混合火炎と2次予混合火炎とを形成するので、第4の検証用燃焼器440のように、火炎相互が重なることによるNO_xの低減効果の低下や振動燃焼を防ぐために、1次予混合バーナ212と2次予混合バーナ23との配置関係に十分な考慮をはらって設計する必要がある。

【0125】次に、ガスタービン燃焼器の第9の実施例について図29に基づき説明する。本実施例の燃焼器220は、1次燃焼室221で拡散火炎を2次燃焼室222で予混合火炎を形成する燃焼器において、複数の予混合バーナ223、223、…を2次燃焼用内筒24の壁面に設置したものである。

【0126】複数の予混合バーナ223、223、…は、2次燃焼用内筒24の中心軸に向かって、予混合気体が噴出されるよう設けられている。これら複数の予混合バーナ223、223、…の出口近傍には、抵抗体224、224、…がそれぞれ設けられている。

【0127】このような燃焼器220においても、抵抗体224に対して内筒24の中心軸側に燃焼気体4の循環流領域が形成されると共に、予混合火炎の周囲にも燃焼気体4による循環流領域が形成されるので、安定した予混合火炎を得ることができると共にNO_xを低減することができる。

【0128】ガスタービンに接続される以上の各種実施

例のガスタービン燃焼器100, 110, …は、図30に示すように、ガスタービン303と共に、ガスタービン303からの燃焼気体4の熱により蒸気を発生させる廃熱回収ボイラ312を設けることにより、いわゆるコージェネレーションシステムを構築することができる。

【0129】このコージェネレーションシステムは、空気圧縮機301とガスタービン燃焼器100, 110, …とガスタービン303と発電機304とから構成されるガスタービン発電設備310と、メインボイラ設備313と、ガスタービン燃焼器100, 110, …とメインボイラ313とに燃料2を供給する燃料供給設備315と、廃熱回収ボイラ312と、ターボ冷却機314とを備えている。

【0130】燃料2は、燃料供給設備315からガスタービン燃焼器100, 110, …とメインボイラ313とに供給される。ガスタービン燃焼器100, 110, …に供給された燃料2は、燃焼器100, 110, …内で燃焼した後、燃焼により発生した燃焼気体4がガスタービン303に送られる。そして、燃焼気体2は、タービンを駆動して発電が行われる。ガスタービン303からの燃焼気体4は、廃熱回収ボイラ312に送られて、そこで、蒸気を発生させる。この蒸気は、夏季にはターボ冷却機314の駆動用に用いられ、冬季には暖房用に用いられる。この蒸気が不足しているときは、メインボイラ313で発生した蒸気が用いられる。

【0131】このようなコージェネレーションシステムは、NO_x排出規制の厳しい都市や都市近郊に設置されている場合が多いが、このような場合でも、ガスタービン燃焼器内でのNO_x排出量が少ないので、既に述べたように、廃熱回収ボイラ312内に脱硝装置を設けなくても、厳しい規制値を満足することができる場合がある。

【0132】なお、廃熱回収ボイラに蒸気タービンを接続することにより、廃熱回収型のコンバインドサイクルを構成することができる。

【0133】以上、ガスタービン燃焼器に関する実施例を説明したが、本発明は、ガスタービン用に限るものではなく、燃料の燃焼によりサーマルNO_xが発生するものであれば、例えば、ボイラ、焼却器や化学プラント等で反応器と呼ばれるものなど、あらゆる燃焼器に適用してもよい。

【0134】次に、バーナの一実施例について図31に基づき説明する。バーナ80は、外筒81と内筒85とを備えて構成されている。外筒81の下流端側は、途中から急激に拡張されている。外筒81の上流端側には、燃料2を受入る燃料ノズル82と、燃焼用空気1を受入る空気ノズル83とが設けられている。内筒85の下流端には、下流側に循環流が形成されるよう抵抗体86が形成されている。内筒85は、中空構造になっており、中に冷却水9を供給する冷却水供給管87が設けられて

いる。

【0135】このようなバーナ80を燃焼器88に取り付け、予混合火炎89を形成させると、先に述べたガスタービン燃焼器と同様に、抵抗体86の下流側に燃焼気体4による第1の循環流領域90が形成されると共に、予混合火炎89の周囲に燃焼気体4による第2の循環流領域91が形成されるので、安定した予混合火炎89を得ることができると共に、NO_xを低減させることができる。

【0136】

【発明の効果】本発明によれば、予混合気体噴流内に高温の燃焼気体が循環し、これを着火源として予混合火炎が確実に形成されるので、火炎を安定させることができる。

【0137】また、予混合気体内に燃焼気体が混入し、これにより形成された酸素分圧の低い気体が燃焼するので、NO_xを著しく低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る第1の実施例のガスタービン燃焼器の全体断面図である。

【図2】図1におけるII-II線断面図である。

【図3】本発明に係る第1の実施例のガスタービン燃焼器の要部断面図である。

【図4】本発明に係る第1の実施例のガスタービン発電設備の系統図である。

【図5】本発明に係る第1の実施例のガスタービン燃焼器を運転する際のガスタービン負荷と空気供給量との関係を示すグラフである。

【図6】本発明に係る第1の実施例のガスタービン燃焼器を運転する際のガスタービン負荷と燃料供給量との関係を示すグラフである。

【図7】第1の検証用燃焼器の断面図である。

【図8】第2の検証用燃焼器の断面図である。

【図9】第3の検証用燃焼器の断面図である。

【図10】第1、第2及び第3の検証用燃焼器のNO_x排出特性を示すグラフである。

【図11】第4の検証用燃焼器の断面図である。

【図12】第2及び第4の検証用燃焼器のNO_x排出特性を示すグラフである。

【図13】第5の検証用燃焼器の断面図である。

【図14】本発明に係る第2の実施例のガスタービン燃焼器の全体断面図である。

【図15】検証用燃焼器の断面図である。

【図16】検証用燃焼器のNO_x排出特性を示すグラフである。

【図17】本発明に係る第3の実施例のガスタービン燃焼器の要部断面図である。

【図18】図17におけるXVIII-XVIII線断面図である。

【図19】本発明に係る第4の実施例のガスタービン燃

焼器の要部断面図である。

【図20】図19におけるXX-XX線断面図である。

【図21】本発明に係る第5の実施例のガスタービン燃焼器の要部断面図である。

【図22】図21におけるXXII-XXII線断面図である。

【図23】本発明に係る第6の実施例のガスタービン燃焼器の要部断面図である。

【図24】本発明に係る第7の実施例のガスタービン燃焼器の全体断面図である。

【図25】図24におけるXXV-XXV線断面図である。

【図26】第7の実施例の変形例のガスタービン燃焼器の要部断面図である。

【図27】第7の実施例のさらに他の変形例のガスタービン燃焼器の要部断面図である。

【図28】本発明に係る第8の実施例のガスタービン燃焼器の全体断面図である。

【図29】本発明に係る第9の実施例のガスタービン燃焼器の全体断面図である。

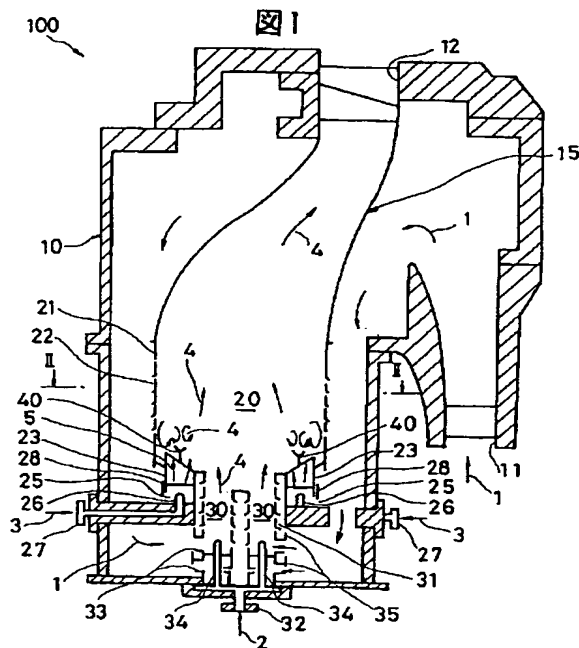
【図30】本発明に係る一実施例のコジェネレーションシステムの系統図である。

【図31】本発明に係る一実施例のバーナの全体断面図である。

【符号の説明】

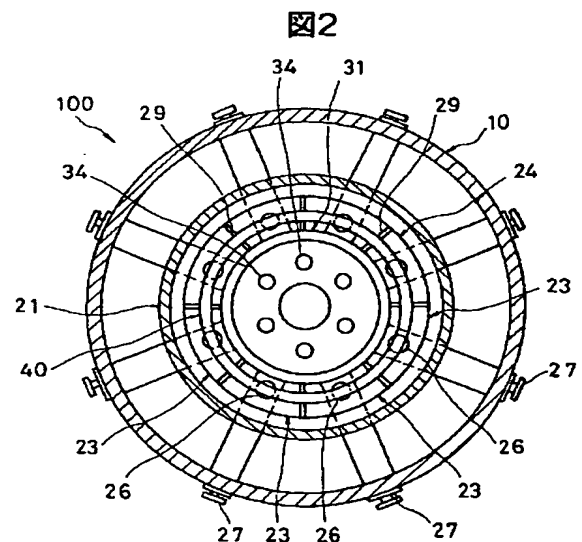
1…燃焼用空気、2…1次燃料、3…2次燃料、4…燃焼気体、5…予混合気体、6…燃焼混合気体、10…燃焼器ケーシング、20、20a、141、222…2次燃焼室、21、21a、132、142…2次燃焼用内筒、23、133、133a、136、143、183、191、212、223…予混合バーナ、30、30a、131、181、221…1次燃焼室、31、132、182…1次燃焼用内筒、40、86、124、136、161、163、184、192、201、213、224…抵抗体、51…第1の循環流領域、52、52a…第2の循環流領域、53…比較的急激な燃焼領域、54…緩慢な燃焼領域、80…バーナ、100、110、120、130、160、170、180、190、200、210、220…ガスタービン燃焼器、301…空気圧縮器、303…ガスタービン、312…廃熱ボイラ。

【図1】

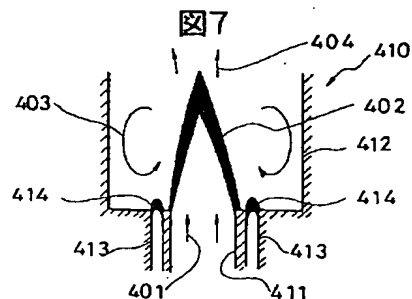


- | | | |
|---------|-------------|----------------|
| 1…燃焼用空気 | 10…燃焼器ケーシング | 31…1次燃焼用内筒 |
| 2…1次燃料 | 20…2次燃焼室 | 40…抵抗体 |
| 3…2次燃料 | 21…2次燃焼用内筒 | 100…ガスタービン用燃焼器 |
| 4…燃焼気体 | 23…予混合バーナ | |
| 5…予混合気体 | 30…1次燃焼室 | |

【図2】

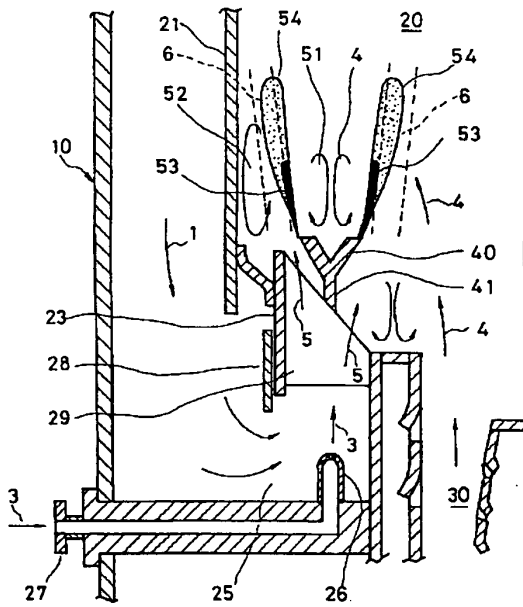


【図7】



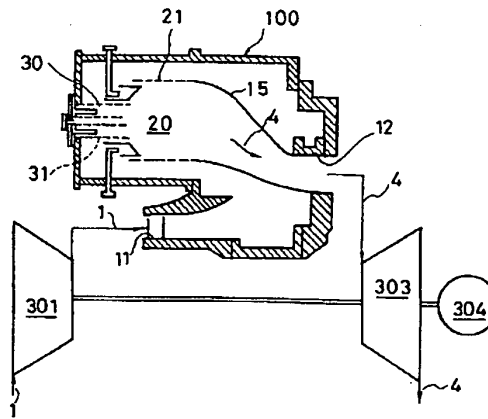
【図3】

図3



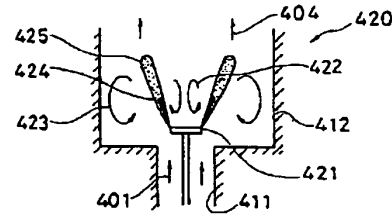
【図4】

図4



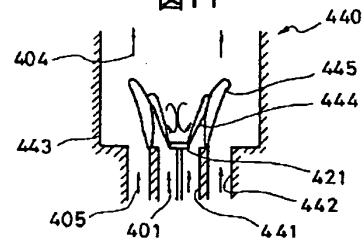
【図8】

図8



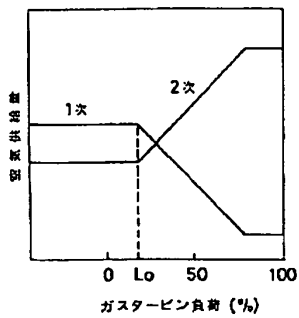
【図11】

図11



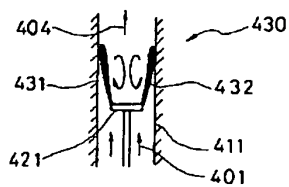
【図5】

図5



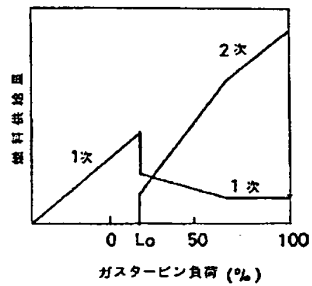
【図9】

図9



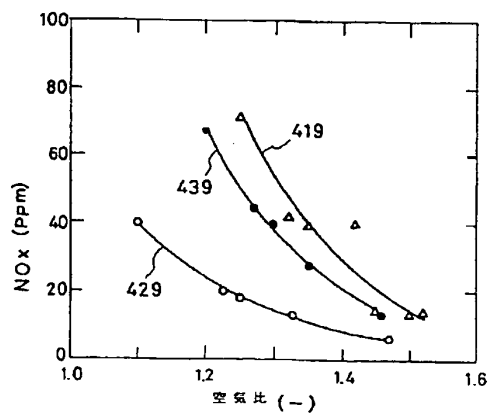
【図6】

図6

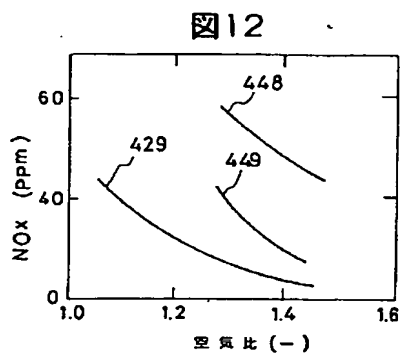


【図10】

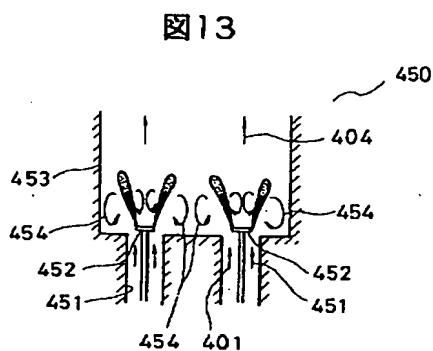
図10



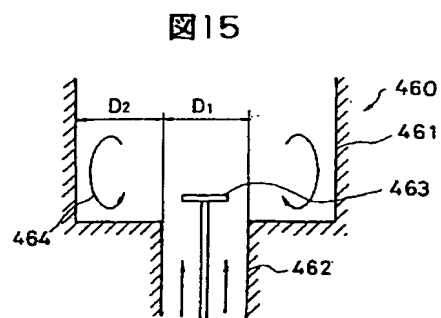
【図12】



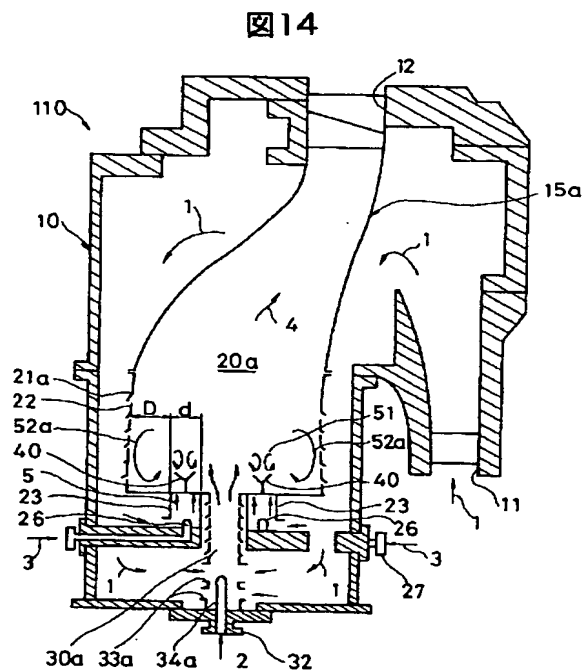
【図13】



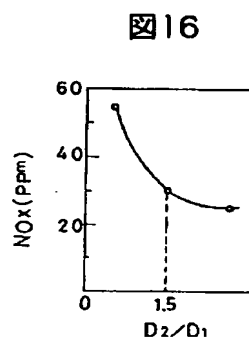
【図15】



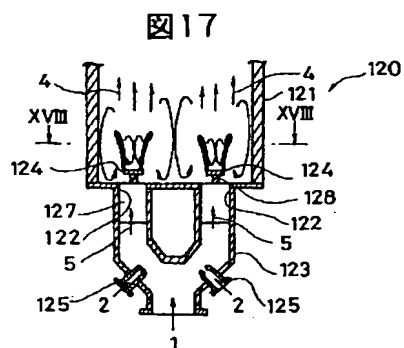
【図14】



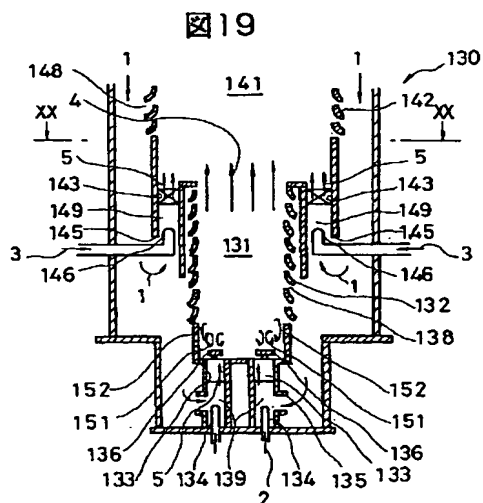
【図16】



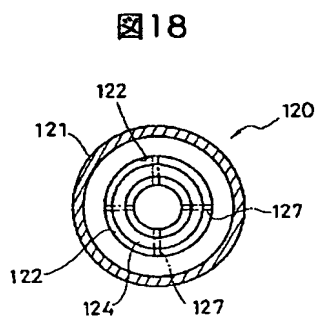
【図17】



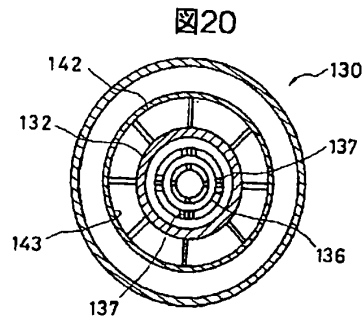
【図19】



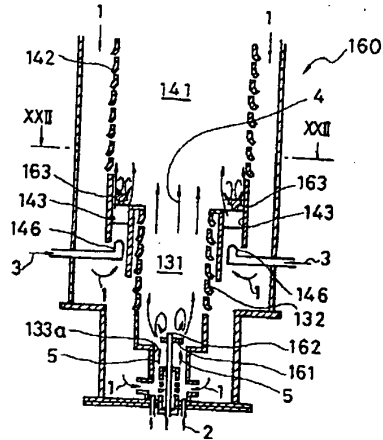
【図18】



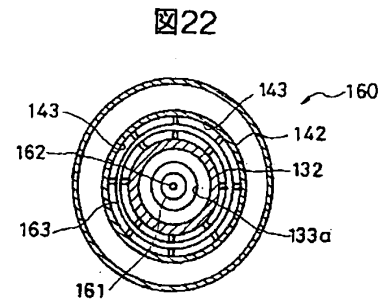
【図20】



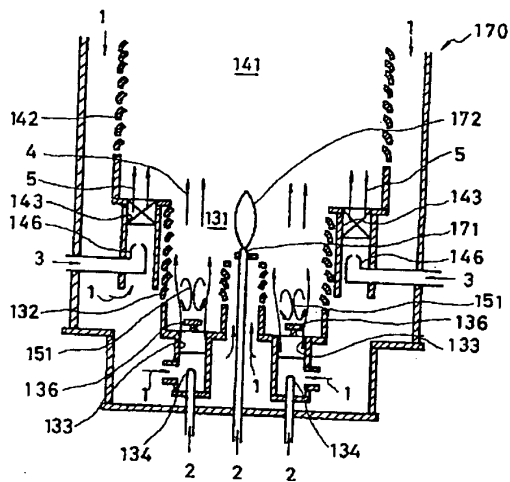
【図21】



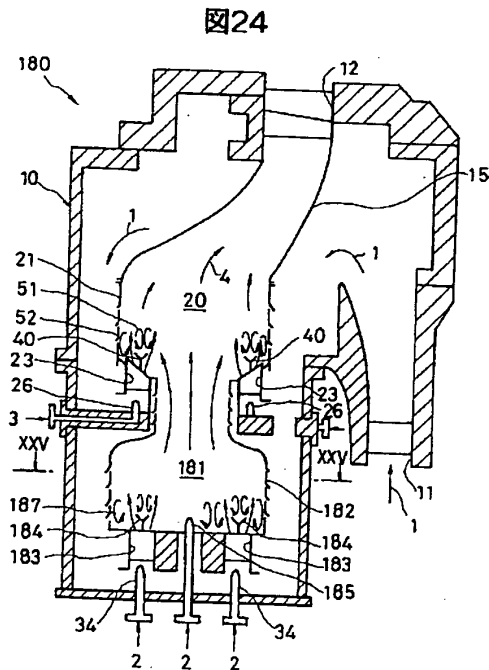
【図22】



【図23】

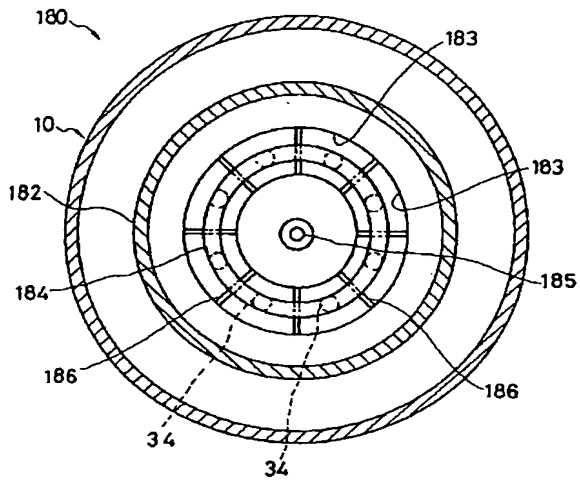


【図24】



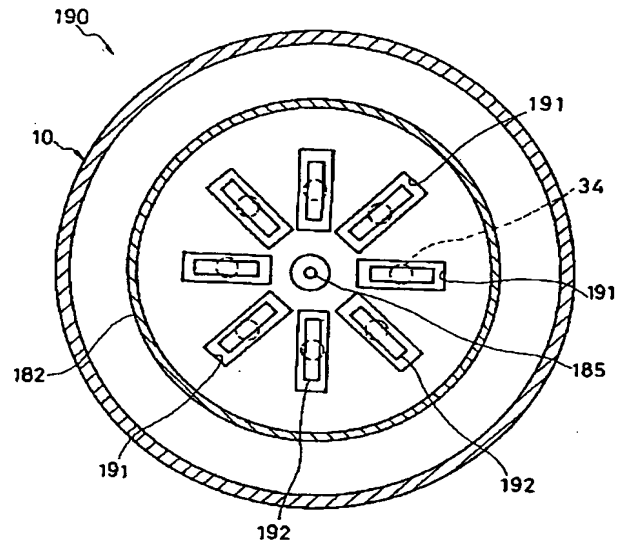
【図 2 5】

図25



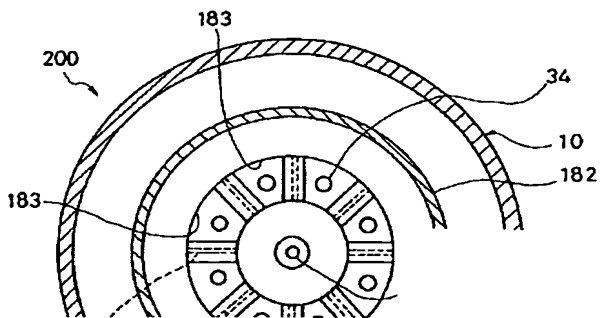
【図 2 6】

図26



【図 2 7】

図27



THIS PAGE BLANK (USPTO)



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10054560 A**

(43) Date of publication of application: 24 . 02 . 98

(51) Int. Cl.

F23R 3/34
F23C 11/00
F23C 11/00
F23R 3/18
F23R 3/20
F23R 3/28
F23R 3/32

(21) Application number: **09115706**(22) Date of filing: **06 . 05 . 97**

(30) Priority: **20 . 03 . 89 JP 64 66232**
21 . 09 . 89 JP 01245534

(62) Division of application: **02065149**(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(72) Inventor: **TANIGUCHI MASAYUKI**
AZUHATA SHIGERU
ARASHI NORIO
MURAKAMI TADATAKA
YOSHII YASUO
SOMA KENICHI
KOBAYASHI YOSHINOBU
ISHIBASHI YOJI
KURODA MICHIO

(54) **GAS TURBINE COMBUSTOR**

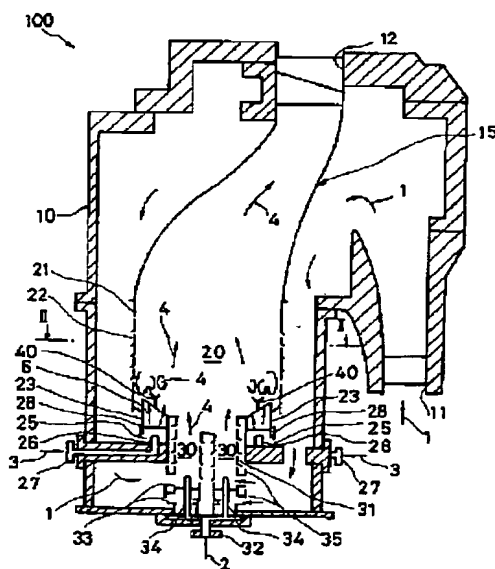
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To ensure a more stable flame and hence more reduce NOX upon premixing combustion by disposing a burner at the axis center upstream a combustion chamber, and disposing a plurality of nozzles around the burner, and further injecting a fuel and air from an injection hole formed corresponding to each nozzle.

SOLUTION: Combustion air 1 flows from a primary air supply hole 33 into a primary combustion inner cylinder 31 and from a secondary air supply hole 25 into a secondary combustion inner cylinder 21. Fuels, e.g. liquefied natural gases flow from a primary fuel reception nozzle 32 and a secondary fuel reception nozzle 27 into a combustor 100 and inject from a pilot burner 34 and a secondary fuel nozzle 26. The primary fuel 2 injected from the pilot burner 34 is brought into a reaction with the combustion air 1 and diffuses into a primary combustion chamber 30 to form a flame. In contrast, the secondary fuel 3 injected from the secondary fuel nozzle 26 is mixed with the combustion air 1 in premixing burners 23, 23 to form premixed gas 5

and then inject it into a secondary combustion chamber 20.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-54560

(43)公開日 平成10年(1998) 2月24日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 2 3 R 3/34			F 2 3 R 3/34	
F 2 3 C 11/00	Z A B		F 2 3 C 11/00	Z A B
	3 2 1			3 2 1
F 2 3 R 3/18			F 2 3 R 3/18	
3/20			3/20	

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 19 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平9-115706
 (62)分割の表示 特願平2-65149の分割
 (22)出願日 平成2年(1990)3月15日

(31)優先権主張番号 特願平1-66232
 (32)優先日 平1(1989)3月20日
 (33)優先権主張国 日本(J P)

(31)優先権主張番号 特願平1-245534
 (32)優先日 平1(1989)9月21日
 (33)優先権主張国 日本(J P)

(71)出願人 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 谷口 正行
 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 小豆畑 茂
 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 嵐 紀夫
 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

(74)代理人 弁理士 富田 和子

最終頁に続く

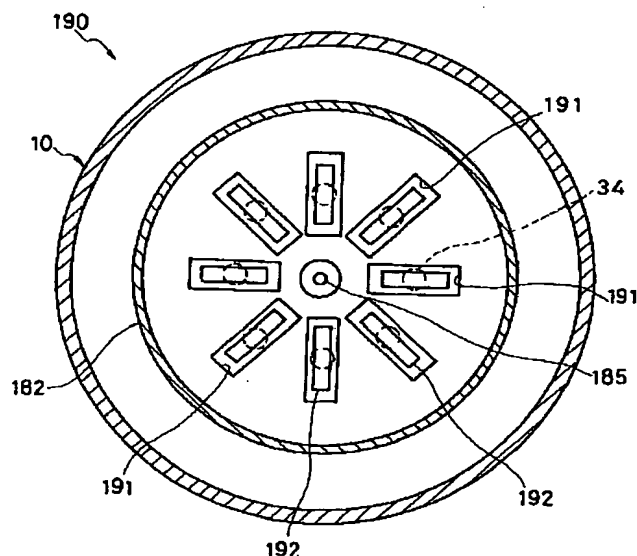
(54)【発明の名称】 ガスタービン燃焼器

(57)【要約】

【課題】 希薄予混合気体を安定燃焼させて、NO_xの低減を図る。

【解決手段】 パイロットバーナ185が、燃焼室の上流側のほぼ軸中心部に配置され、複数の燃料ノズル34, 34, …が、パイロットバーナ185を中心として同一円周上に相互が離れた状態で設置されている。複数の燃料ノズル34, 34, …にそれぞれ対応して形成され、燃料ノズル34から噴出された燃料に空気を混ぜた予混合気体を噴出する複数の噴出口191, 191, …が設けられている。

図26



THIS PAGE BLANK (USPTO)

【特許請求の範囲】

【請求項1】燃料が燃焼する燃焼室と、空気と別個に燃料を該燃焼室内に噴出するバーナと、燃料を噴出するノズルとを有するガスタービン燃焼器において、前記バーナは、前記燃焼室の上流側のほぼ軸中心部に配置され、

前記ノズルは、前記バーナの周囲に複数個設置され、複数の該ノズルに対応してそれぞれ形成された噴出口から前記燃料と共に空気を噴出することを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項2】請求項1記載のガスタービン燃焼器において、複数の前記噴出口が前記バーナの周囲に、円環状に形成されていることを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項3】燃料が燃焼する燃焼室と、着火時に使用するパイロットバーナと、燃料を噴出するメインノズルとを有するガスタービン燃焼器において、前記パイロットバーナは、前記燃焼室の上流側のほぼ軸中心部に配置され、

前記メインノズルは、前記パイロットバーナの周囲に複数個設置され、

複数の前記メインノズルにそれぞれ対応して形成され、該メインノズルから噴出された前記燃料に空気を混ぜた予混合気体を噴出する複数の噴出口を有することを特徴とするガスタービン燃焼器。

【請求項4】燃料が燃焼する燃焼室と、空気と別個に燃料を該燃焼室に噴出するバーナと、燃料を噴出するノズルとを有するガスタービン燃焼器において、

前記バーナは、前記燃焼室の上流側のほぼ軸中心部に配置され、

前記ノズルは、前記バーナの周囲に複数個設置され、複数の前記ノズルにそれぞれ対応し形成され、該ノズルから噴出された前記燃料に空気を混ぜた予混合気体を噴出する複数の噴出口を有し、

前記バーナの外周側に、前記噴出口から噴出された予混合気体の流路を狭め、複数の噴出口に沿って環状の環状部材が突出して設置されていることを特徴とするガスタービン燃焼器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、気体燃料あるいは液体燃料により予混合燃焼を行うガスタービン燃焼器に関する。

【0002】

【従来の技術】一般的に、燃焼時に生成されるNO_xには、燃料中の窒素化合物から生成されるフューエルNO_xと、空気中の窒素から生成されるサーマルNO_xとがある。フューエルNO_xを低減させるための技術には、燃焼領域に還元領域を形成させてNO_xをN₂とO₂とに還元する方法などがあるが、基本的には燃料中の窒素分

の低減、つまり燃料の改質を行うことが最も効果的である。一方、サーマルNO_xを低減させる技術には、水噴射法、排ガス再循環法、燃料希薄燃焼法などがある。これらは、主として火炎温度を低下させることにより、サーマルNO_xを低減させるものであるが、これらの手法を用いると、火炎の安定性が低下しやすい。

【0003】通常、燃焼器における燃焼方法として、燃料と空気とをそれぞれ異なるノズルから噴出する、いわゆる拡散燃焼が主に用いられてきたが、最近では、燃料と空気とを予め混合し同一のバーナから噴出する予混合燃焼が用いられつつある。

【0004】予混合燃焼を用いることによる利点は、主として次の2点である。ひとつは、予混合燃焼を用いると燃焼の反応領域を小さくすることができる。つまり、バーナから噴出する気体がすでに燃料と空気との予混合気体であるため、バーナの下流側に予混合気体を形成するための領域を要せず、火炎を短くすることができ、高負荷燃焼することが可能な点である。もうひとつは、サーマルNO_xを低減できることである。燃焼室内に異なるノズルから燃料と空気とを噴出する拡散燃焼では、たとえ燃料を希薄の条件で燃焼させても燃焼室内での燃料と空気との混合過程において、空気比が1（理論混合比）付近になる領域が必ず存在するため、NO_xの低減が一般に困難であるとされる。これに対して、過剰の空気と燃料とを予め混合して燃焼する燃料希薄予混合燃焼法では、全ての燃焼領域で燃料が希薄な燃焼条件のもとで燃焼するためNO_xの低減が容易である。このような希薄予混合燃焼法は、例えば、特公昭62-35016号公報に記載されているガスタービンの燃焼器などで採用されつつある。

【0005】希薄予混合燃焼は、空気過剰での燃焼であるため火炎温度が低くなって、NO_xの低減は図れるが、予混合火炎の安定性が劣るのが欠点である。予混合火炎の安定性を向上させるためには、理論混合比近傍で火炎を形成する必要があるが、前述のように理論混合比付近での燃焼は、NO_xの発生量が多い。

【0006】このように、安定な火炎を形成し易い条件とNO_xの発生を抑制できる条件とは異なるため、過剰空気比条件でも安定に火炎を形成する保炎技術、もしくは理論混合比付近で燃焼させてもNO_xを低減できる燃焼技術が必要になる。

【0007】従来、予混合火炎の安定化技術として、例えば、米国特許4,051,670号公報や米国特許4,150,539号公報に記載されている燃焼器がある。前者の燃焼器は、空気と燃料との混合気体を燃焼室内で旋回させる旋回手段と、旋回流が形成されている領域内の一部を減圧する減圧手段とを備えており、混合気体の旋回流内に高温の燃焼気体を導くことにより、燃料の着火性が確保され、火炎を安定させるというものである。また、後者の燃焼器は、空気と燃料との混合気体の噴出口に抵抗板を設

THIS PAGE BLANK

け、この抵抗板の下流側に形成される高温の燃焼気体が着火源となり、火炎を安定させるというものである。

【0008】この他、特開昭59-74406号公報に記載されているもののよう、パイロット火炎を用いるものや、特開平64-54122号公報に記載されているもののよう、旋回流を形成させるものなど、火炎を安定させる多数の技術がある。

【0009】なお、これらの技術は、いずれも、燃焼室形状や旋回流の影響等により、燃焼気体と予混合気体との混合領域はほとんど形成されていない。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】上述のような火炎の安定化技術を用いて、稀薄予混合燃焼を行うと、予混合火炎は安定すると共に、ある程度の NO_x 低減も実現できる。しかしながら、近年、光化学スモッグの原因となる NO_x に対する排出規制が年々厳しくなっており、さらに、 NO_x を低減することができる技術が望まれている。

【0011】本発明の目的は、このような点について着目してなされたもので、予混合燃焼の際、安定した火炎を得ることができると共に、より NO_x を低減することができるガスタービン燃焼器を提供することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するための第1のガスタービン燃焼器は、燃料が燃焼する燃焼室と、空気と別個に燃料を該燃焼室内に噴出するバーナと、燃料を噴出するノズルとを有するガスタービン燃焼器において、前記バーナは、前記燃焼室の上流側のほぼ軸中心部に配置され、前記ノズルは、前記バーナの周囲に複数個設置され、複数の該ノズルに対応してそれぞれ形成された噴出口から前記燃料と共に空気を噴出することを特徴とするものである。

【0013】ここで、前記第1のガスタービン燃焼器において、複数の前記噴出口が前記バーナの周囲に、円環状に形成されていてもよい。

【0014】また、前記目的を達成するための第2のガスタービン燃焼器は、燃料が燃焼する燃焼室と、着火時に使用するパイロットバーナと、燃料を噴出するメインノズルとを有するガスタービン燃焼器において、前記パイロットバーナは、前記燃焼室の上流側のほぼ軸中心部に配置され、前記メインノズルは、前記パイロットバーナの周囲に複数個設置され、複数の前記メインノズルにそれぞれ対応して形成され、該メインノズルから噴出された前記燃料に空気を混ぜた予混合気体を噴出する複数の噴出口を有することを特徴とするものである。

【0015】また、前記目的を達成するための第3のガスタービン燃焼器は、燃料が燃焼する燃焼室と、空気と別個に燃料を該燃焼室に噴出するバーナと、燃料を噴出するノズルとを有するガスタービン燃焼器において、前記バーナは、前記燃焼室の上流側のほぼ軸中心部に配置

され、前記ノズルは、前記バーナの周囲に複数個設置され、複数の前記ノズルにそれぞれ対応し形成され、該ノズルから噴出された前記燃料に空気を混ぜた予混合気体を噴出する複数の噴出口を有し、前記バーナの外周側に、前記噴出口から噴出された予混合気体の流路を狭め、複数の噴出口に沿って環状の環状部材が突出して設置されていることを特徴とするものである。

【0016】前記目的は、燃料と空気とが混合した予混合気体を噴出する予混合バーナを備えた燃焼器において、前記予混合バーナから噴出する予混合気体の内部から周囲に向かって、該予混合気体の燃焼を進行させるさせる予混合気体燃焼手段と、前記予混合バーナから噴出する予混合気体の外側から、該予混合気体に燃焼気体を混入させる気体混入手段とを備えていることを特徴とする燃焼器により達成することができる。

【0017】前記目的は、燃料と空気とが混合した予混合気体を噴出する予混合バーナを備えた燃焼器において、前記予混合バーナから噴出する予混合気体の内部に、該予混合気体の着火温度を越える高温領域を形成する高温領域形成手段と、前記予混合バーナから噴出する予混合気体の外側に、燃焼気体を循環させる燃焼気体循環手段とを備えていることを特徴とする燃焼器によっても達成することができる。

【0018】また、前記目的は、燃料と空気とが混合した予混合気体を噴出する予混合バーナを備えた燃焼器において、前記予混合バーナの出口近傍に、下流側の断面積が急激に小さくなり、噴出する予混合気体の抵抗となる抵抗体を設け、前記予混合気体が燃焼する燃焼室を前記予混合バーナの出口から急激に大きくなるよう形成したことを特徴とする燃焼器によっても達成することができる。

【0019】前記目的を達成することができると共に、大型化に好適な燃焼器としては、所定の火炎が形成される第1の燃焼室と、予混合火炎が形成される第2の燃焼室とを備えている燃焼器において、前記第2の燃焼室に噴出される予混合気体の抵抗となり、予混合気体の燃焼により発生する燃焼気体の循環流を下流側に形成する抵抗体と、前記燃焼気体を前記予混合火炎に混入させる燃焼気体混入手段とを備えていることを特徴とするものである。

【0020】ここで、前記第1の燃焼室に形成される火炎は、拡散火炎でも予混合火炎でもよいが、第1の燃焼室に形成される火炎が拡散火炎である場合には、第1の燃焼室を第2の燃焼室の上流側に設けることが好ましい。燃焼器の大型化のためには、前記2次燃焼室に予混合気体を噴出する予混合バーナが、環状に形成されていることが有効である。さらに大型化するためには、環状に形成されている前記予混合バーナが、周方向に複数に分割することが有効である。

【0021】なお、予混合気体を噴出する予混合バーナ

THIS PAGE BLANK (USPTO)

が、環状に形成されている場合には、この予混合バーナに沿って、前記抵抗体も環状に形成することが好ましい。

【0022】また、燃焼器の起動を容易にするために、上流側の燃焼室内にパイロットバーナを設けることが有効である。また、第1の燃焼室と第2の燃焼室とのいずれか一方を上流側に配し、他方を下流側に配した場合には、上流側の燃焼室内で発生した燃焼気体を下流側の燃焼室で形成される火炎に混入させることができるように、これらの燃焼室の形状および配置関係を定めることがよい。

【0023】前記抵抗体は、この断面積が、予混合バーナの出口面積よりも小さくなるよう形成することが好ましい。また、前記抵抗体を冷却する冷却手段を備えていることが好ましい。具体的には、抵抗体の内部に冷却用の空気または水を供給することにより、実施される。

【0024】予混合火炎が形成される燃焼室における、予混合バーナ出口から急激に広がる幅は、できる限り大きくすることが好ましい。しかしながら、この幅を大きくすると、燃焼器の大型化しコストが嵩むので、予混合バーナの出口幅に対して、1.5倍程度にすることが適当であると思われる。

【0025】なお、以上の燃焼器の構成は、ガスタービン燃焼器に適用することができる。また、これらの燃焼器は、燃焼器に、ガスタービンを接続し、このガスタービンに発電機を接続することにより、ガスタービン発電機を構成することができる。

【0026】また、前記目的は、燃料と空気とが混合した予混合気体を噴出するバーナにおいて、噴出する前記予混合気体の抵抗となり、該予混合気体の燃焼により発生する燃焼気体の循環流を下流側に形成する抵抗体と、噴出する前記予混合気体の外側から前記燃焼気体を混入させる燃焼気体混入手段とを備えていることを特徴とするバーナによっても達成することができる。

【0027】また、前記目的は、燃料と空気とが混合した予混合気体を燃焼させる燃焼方法において、予混合気体噴流の内部から外側に向かって、該予混合気体の燃焼を進行させ、前記予混合気体噴流の外側から、該予混合気体の燃焼により発生する燃焼気体を前記予混合気体内に混入させることを特徴とする燃焼方法によっても達成することができる。

【0028】

【作用】予混合火炎でサーマル NO_x を低減させるには、先に述べたように、従来、過剰空気条件下で燃焼を行うことが主流であるが、発明者らは、鋭意検討の結果、予混合気体噴流のほぼ中心に高温の燃焼気体を循環させるとともに、予混合気体が燃焼する前に、燃焼気体の一部を予混合気体に混入させることにより、予混合火炎を安定化させることができると共に、 NO_x を低減することができることを明らかにした。

【0029】本発明は、この知見に基づいてなされたものである。内側の予混合気体は、高温の燃焼気体という着火源を得て、確実に着火し、外側に向かって火炎が伝播して行く。一方、外側の予混合気体には、燃焼気体の一部が混入し、予混合気体と燃焼気体とが混合して形成された燃焼混合気体が、内側から伝播してきた火炎により、着火して燃焼する。

【0030】したがって、予混合気体の内側が確実に着火するので、予混合火炎は、安定化する。また、単なる予混合気体が燃焼する高温の燃焼領域が縮小されると共に、酸素分圧の低い燃焼混合気体が燃焼するので、 NO_x が著しく低減する。

【0031】具体的に、本発明に係る燃焼器の作用について説明する。抵抗体と、予混合気体を噴出する予混合バーナ出口から急激に広がる燃焼室とを備えているものでは、抵抗体の下流側の断面積が急激に小さくなっているため、抵抗体の下流側に気体の第1の循環流領域が形成される。また、燃焼室が予混合バーナ出口から急激に広がっているため、予混合バーナ出口の外周側つまり噴出する予混合気体の外側にも気体の第2の循環流領域が形成される。

【0032】第1の循環流領域には、高温の燃焼気体の一部が流入し、第1の循環流領域の周囲の予混合気体が、高温の燃焼気体により着火し、そこに比較的急激な燃焼領域が確実に形成される。このように、比較的急激な燃焼領域が確実に形成されるため、予混合火炎は安定化する。

【0033】第2の循環流領域にも、燃焼気体の一部が流入する。これが予混合バーナから噴出する予混合気体と混合して燃焼混合気体を形成する。燃焼混合気体は、噴流の内部に形成される比較的急激な燃焼領域から外部に向かって伝播してくる火炎により、燃焼し、緩慢な燃焼領域を形成する。緩慢な燃焼領域内では、酸素分圧の低い燃焼混合気体が燃焼するので、 NO_x の発生量が極めて少ない。また、比較的急激な燃焼領域は、緩慢な燃焼領域が形成されるため、縮小され、ここで発生する NO_x の量も少なくなる。

【0034】したがって、燃焼領域で発生する NO_x を著しく低減することができる。なお、緩慢な燃焼領域を形成するためには、このように、火炎が噴流の内部から外部に向かって伝播してくることが必要である。これは、予混合気体噴流の外側から火炎が形成されると、予混合気体が燃焼気体と混合する前に燃焼してしまい、燃焼混合気体が形成されないからである。

【0035】予混合火炎が形成される燃焼室における、予混合バーナ出口から急激に広がる幅をより大きくしたものである、燃焼気体の一部が循環する第2の循環流領域を広げることができて、予混合気体と燃焼気体とが混合する量が増え、 NO_x をより低減することができる。なお、予混合バーナ出口から急激に広がる幅を予混合バー

THIS PAGE BLANK

ナの出口幅の約1.5倍にすると、この幅の大きさに対するNO_x低減効果を最もよくすることができる。

【0036】また、所定の火炎が形成される第1の燃焼室と予混合火炎が形成される第2の燃焼室とを備えている燃焼器では、予混合火炎は、前述したように、抵抗体の作用により、安定して燃焼する。また、2つの燃焼室を有するので、それぞれの燃焼室内の負荷を変えることにより、負荷変動の許容範囲を広げることができる。したがって、このような構成が大型の燃焼器に好適である。

【0037】燃焼器の大型化のためには、予混合気体を噴出する予混合バーナを環状に形成し、この予混合バーナから予混合気体を下流側に噴出するように構成することがよい。これは、火炎相互の干渉による燃焼振動を抑えることができるからである。また、環状に形成した予混合バーナを周方向に複数に分割すると、逆火を防ぐことができると共に、予混合バーナ内で燃焼用空気と燃料とを効率よく混合することができる。

【0038】ここで、第1の燃焼室と第2の燃焼室とのいずれか一方を上流側に配し、他方を下流側に配した場合には、上流側の燃焼室内で発生した燃焼気体を下流側の燃焼室で形成される火炎に混入させることができるよう構成すると、下流側の燃焼室では、酸素分圧の低い燃焼気体の混入により、火炎から発生するNO_x量を少なくすることができる。

【0039】また、第1の燃焼室に拡散火炎を形成し、これを第2の燃焼室より上流側に位置させることにより、燃焼器の起動を容易に行うことができる。起動時には、まず、第1の燃焼室に拡散火炎を形成する。拡散火炎は、燃料に対する空気の量を容易に大きくすることができるので、簡単に形成することができる。したがって、燃焼器の起動を容易に行うことができる。次に、第2の燃焼室に予混合火炎を形成する。予混合バーナから噴出する予混合気体は、既に形成されている拡散火炎の熱により温められ、容易に燃焼する。拡散火炎は、NO_xの発生量が多いので、NO_xの発生量を少なくするために、予混合火炎が形成されると、同時に、拡散火炎を小さくするか消火してしまうことがよい。

【0040】また、予混合火炎を形成する燃焼室が上流側に設けられている場合には、この燃焼室にパイロットバーナを設けることにより、燃焼器の起動を容易に行うことができるようになる。

【0041】第1の燃焼室および第2の燃焼室に予混合火炎を形成するものでは、先の手段により、火炎を安定させることができると共に、両方の燃焼室で形成される火炎から発生するNO_x量を少なくすることができるので、燃焼器から排出されるNO_x量を極めて少なくすることができる。

【0042】本発明に係る燃焼器をコジェネレーションシステムのガスタービン燃焼器に用いると、コジェネレ

ーションシステムを構成する廃熱回収ボイラ内の脱硝装置で使用するアンモニアの量を少なくすることができる。アンモニアは、ガスタービンを介して送られてくる燃焼気体中のNO_xと反応させて、燃焼気体中からNO_xを取り除くものであるが、NO_xの発生量が少なくなるので、使用するアンモニアの量も少なくすることができる。また、運転形態によっては、脱硝装置が無くても環境規制値を満足することができる。

【0043】

10 【実施例】以下、図1～図31に基づき本発明の各種実施例について説明する。なお、各種実施例において同一部位には同一の符号を付し、重複した説明を省略する。

【0044】ガスタービン燃焼器の第1の実施例について、図1～図6に基づき説明する。ガスタービン燃焼器100には、図4に示すように、燃焼用空気1を加圧して燃焼器100に送り込む空気圧縮機301と、燃焼器100内で発生した燃焼気体4により駆動するガスタービン303とが接続されている。ガスタービン303には発電機304が接続されている。

20 【0045】ガスタービン燃焼器100は、図1～図3に示すように、その燃焼器ケーシング10に、空気圧縮機301からの燃焼用空気1を取り入れる空気取入口11と、燃焼により発生する燃焼気体4を排出する燃焼気体排出口12とが形成されている。燃焼器ケーシング10内には、1次燃焼室30を形成する1次燃焼用内筒31と、2次燃焼室20を形成する2次燃焼用内筒21とが設けられている。

30 【0046】1次燃焼用内筒31は、燃焼器ケーシング10内の燃焼気体排出口12と相対する面に設けられている。1次燃焼用内筒31には、第2図に示すように、1次燃料2を噴出する複数のパイロットバーナ34、34、…が、同一円周上に等間隔で配設されている。このパイロットバーナ34、34、…には、1次燃料2を受け入れる1次燃料受入ノズル32が接続されている。1次燃焼用内筒31の側周には、空気取入口11から流入する燃焼用空気1を内筒31内に流入させるための1次空気供給口33、33、…が形成されており、そこには、流入する燃焼用空気4量を調節するための1次空気調節弁35が設けられている。

40 【0047】2次燃焼用内筒21は、1次燃焼用内筒31の下流側に設けられており、その側周には内筒自身を冷却するための冷却空気口22が形成されている。2次燃焼用内筒21の上流端には、燃焼用空気1と2次燃料3との予混合気体5を噴出する複数の予混合バーナ23、23、…が、図2に示すように、同一円周上に配され、環状の予混合バーナ群24を形成している。バーナ23、23、…の下流端には、燃焼用空気1をバーナ23、23、…内に流入させる2次空気供給口25、25、…と、2次燃料3を噴出する2次燃料ノズル26、26、…とが、設けられている。この2次燃料ノズル2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

6, 26, …には、2次燃料3を受け入れる2次燃料受入ノズル27, 27, …が接続されている。2次空気供給口25, 25, …には、流入する燃焼用空気1量を調節するための2次空気調節弁28, 28, …が設けられている。

【0048】環状の予混合バーナ群24の外周の径は、2次燃焼用内筒21の内径よりも小さく、2次燃焼室20は、予混合バーナ23の出口で急激に大きくなるよう形成されている。

【0049】予混合バーナ23の出口近傍には、混合気体5の燃焼により発生する燃焼気体4を循環させるための抵抗体40が設けられている。抵抗体40は、図2および図3に示すように、予混合バーナ群24に沿って環状を成し、その断面はV字状を成している。環状の抵抗体40の半径方向の幅は予混合バーナ群24の半径方向の幅よりも小さく形成されている。断面がV字状の抵抗体40は、その頂点部が上流方向に向くように設けられている。頂点部には、抵抗体40を支持する支持部材41が設けられている。この支持部材41は、複数の予混合バーナ23, 23, …間を仕切る仕切板29上に設けられている。

【0050】2次燃焼用内筒21の下流端には、燃焼気体4を燃焼器ケーシング10の燃焼気体排出口12に導くためのトランジションピース15が接続されている。

【0051】次に第1の実施例の燃焼器の作用について説明する。

【0052】空気圧縮機301で加圧された燃焼用空気1は、空気取入口11から燃焼器ケーシング10内に流入する。燃焼用空気1は、燃焼器ケーシング10とトランジションピース15および2次燃焼用内筒21との間を通過して、1次空気供給口33から1次燃焼用内筒31内へ、2次空気供給口25から2次燃焼用内筒21内へと流入する。燃焼用空気1の一部は、2次内筒21の冷却空気口22から壁面冷却のために、2次内筒21内へ流入する。一方、燃料2, 3は、1次燃料受入ノズル32および2次燃料受入ノズル27から燃焼器100内に流入し、パイロットバーナ34および2次燃料ノズル26から噴出する。

【0053】本実施例で使用される燃料は、液化天然ガスである。液化天然ガスは、硫黄分や窒素化合物をほとんど含まず、SO_xやフューエルNO_xの発生量が少なく、クリーンなエネルギーとして、近年その需要が伸びている燃料である。

【0054】パイロットバーナ34から噴出した1次燃料2は、燃焼用空気1と反応して、1次燃焼室30内に拡散火炎を形成する。一方、2次燃料ノズル26から噴出した2次燃料3は、複数の予混合バーナ23, 23, …内で燃焼用空気1と混合して予混合気体5を形成してから、2次燃焼室20内に噴出する。

【0055】2次燃焼室20内に噴出した予混合気体5は、図3に示すように、抵抗体40により分流される。抵抗体40の下流側には、気体が循環する第1の循環流領域51が形成される。また、抵抗体40の外周側、つまり2次燃焼室21内の上流端の外周側にも、気体が循環する第2の循環流領域52が形成される。この循環流は、2次燃焼室20が予混合バーナ23の出口から急激に大きくなっているために形成される。

【0056】第1の循環流領域51には、図3に示すように、予混合気体5の燃焼により生成した2000℃前後の高温の燃焼気体4が流れ込む。このため、第1の循環流領域51は、予混合気体5の着火温度である700～800℃を越えて、1500℃以上の高温な領域となり、第1の循環流領域51に近接する予混合気体5は、確実に燃焼し、比較的急激な燃焼領域53が形成される。したがって、2次燃焼室20内で形成される予混合火炎は、高温の燃焼気体4という着火源を得ることにより、安定化する。

【0057】一方、円形状の抵抗体40の外周側に形成される第2の循環流領域52には、燃焼気体4と予混合気体5とが流れ込み、燃焼気体4と予混合気体5とが混合して燃焼混合気体6が形成される。また、環状の抵抗体40の内周側にも、1次燃焼室30で発生した燃焼気体4と予混合気体5とが混合して酸素分圧の低い燃焼混合気体6が形成される。

【0058】この燃焼混合気体6は、比較的急激な燃焼領域53からの火炎が伝播して、燃焼し、比較的急激な燃焼領域53の外側に緩慢な燃焼領域54を形成する。緩慢な燃焼領域54では、酸素分圧の低い燃焼混合気体6が燃焼するため、燃焼温度も低く、この領域で生成されるNO_x量は、極めて少ない。

【0059】燃焼混合気体6を形成するためには、火炎が、予混合バーナ23から噴出する予混合気体5の内部から外側へ伝播して行くことが必要である。これは、仮りに、外側から着火して火炎が内側へ伝播して行くと、予混合気体5が、燃焼気体4と混合する前に燃焼してしまい、燃焼混合気体6が形成されないからである。

【0060】ここで、2次燃料3、燃焼用空気1、および燃焼気体4を均一に混合した後、予混合バーナ23から噴出し、火炎を形成すると、緩慢な燃焼領域のみが形成されるため、安定な火炎が形成されない。

【0061】また、予混合バーナ23は、本実施例のように、1次燃焼室30の下流端に環状に配置することが望ましい。このように予混合バーナ23を配置すると、1次燃焼室30中で形成される拡散火炎から排出される燃焼気体4の熱により、予混合バーナ23から噴出される予混合気体5がより速やかに着火され、予混合火炎はより安定化する。

【0062】また、抵抗体40の半径方向の幅に関しても、本実施例のように、予混合バーナ23の出口の半径方向の幅より小さくすることが望ましい。抵抗体40の

THIS PAGE BLANK

幅が予混合バーナ23の出口の幅より大きいと、第1の循環流領域51が大きなものとなり、予混合火炎が抵抗体40の近傍に保持されず、火炎の安定性が低下する。

【0063】燃焼器100で発生した燃焼気体4は、燃焼気体排出口12から排出され、ガスタービン303に供給される。ガスタービン303内では、高温高压の燃焼気体4が膨張する過程で、タービンが駆動される。ガスタービン303の動力は、発電機304に伝達され、発電が行われる。

【0064】一般に、近年のガスタービン発電設備では、ガスタービン303から排出される燃焼気体4が、廃熱回収ボイラへ導かれ、水蒸気発生用の熱源として用いられることが多い。廃熱回収ボイラ内には、脱硝装置が設けられていることがある。この脱硝装置は、固体触媒表面上でアンモニアと燃焼気体4とを反応させて、燃焼気体4中のNO_xを取り除くものである。本実施例に係る燃焼器100を使用する場合、NO_xの発生量が少なくなるため、脱硝装置でのアンモニア使用量を低減することができる、また、運転形態によっては、脱硝装置が無くても環境規制値を満足することができる。

【0065】なお、本実施例において、複数の予混合バーナ23、23、…を形成するために、仕切板29を設けたが、抵抗体40を他の方法で支持できる場合は、特に仕切板29を設けて複数の予混合バーナ23、23、…を形成する必要がない。ただし、燃焼器が大型化して予混合バーナが大きくなるような場合には、燃料2と燃焼用空気1との混合を十分に行うために、また、逆火を防ぐために、仕切板29を設けて複数の予混合バーナ23、23、…を形成する方がよい。

【0066】次に、本実施例のガスタービン燃焼器100の運転方法について図5および図6を用いて説明する。ガスタービン303の起動時には、図6に示すように、燃焼器100に1次燃料2のみを投入し、1次燃焼室30において拡散火炎を形成させる。ガスタービン303の負荷がある一定の負荷L₀%に達した時点で、1次燃料2の量を減少させ、これに対応して2次燃料3の量を増加させ、2次燃焼室20において予混合火炎を形成させる。一定の負荷L₀%から最大負荷100%に達するまでは、主として2次燃料量3を増加させることにより負荷変化に対応させる。

【0067】また、空気供給量は、NO_x発生量のある範囲内に保つように、図5に示すように、燃料2、3の増減に対応させて、1次空気量を減少させ、2次空気量を増加させる。

【0068】抵抗体40が設けられていない燃焼器においては、2次燃焼室20において形成する予混合火炎の安定性が、1次燃焼室30において形成する拡散火炎での燃焼量および拡散火炎の空気比などにより影響を受けるため、投入する1次燃料2の量と2次燃料3の量の比が一定の範囲内に制限される。本実施例の燃焼器では、

予混合火炎を単独で安定化する機構を有するため、1次燃料2量と2次燃料3量の比を任意に設定でき、負荷変動に対する燃料供給の調整を容易に行うことができる。また、負荷変動範囲を大きくすることができる。

【0069】なお、本実施例の燃焼器100では、燃料切り替え後、1次燃料2の供給を停止しても良いが、1次燃料2を常時1次燃焼室20に投入し、拡散火炎を形成しておくことにより、負荷増減の対応を素早く行うことができる。

10 【0070】次に、種々の燃焼器に関して検証を行ったので、予混合火炎の安定化の原理およびNO_xの低減効果について、図7から図13に基づき説明する。

【0071】この検証には、5種類の検証用燃焼器を用いている。第1の検証用燃焼器410は、図7に示すように、予混合バーナ411と、このバーナ411の出口から急激に大きくなる燃焼室412と、バーナ411の出口の周囲に配されているパイロットバーナ413、413、…とを備えているものである。なお、パイロットバーナ413からの気体噴出流量は、予混合バーナ411からの気体噴出流量の1/1000以下に設定されている。

20 【0072】パイロットバーナ413でパイロットフレーム414を形成し、これを着火源として、予混合バーナ411から噴出する予混合気体401を燃焼させる。予混合火炎402は、バーナ411の出口から円錐状に形成される。予混合火炎402の外周には、燃焼気体404による外部循環領域403が形成される。

30 【0073】この燃焼では、パイロットフレーム414という着火源があるので、予混合火炎402は安定化するが、予混合火炎402がバーナ411の出口から形成され、先端が分離していないので、火炎402の周囲に形成されている燃焼気体404の循環流と予混合気体401との混合することがほとんど期待できない。したがって、予混合気体401が燃焼気体404と混合した状態で燃焼することはほとんど無く、NO_xをあまり低減できない。

40 【0074】第2の検証用燃焼器420は、本発明に係る燃焼器で、図8に示すように、予混合バーナ411と、このバーナ411の出口から急激に大きくなる燃焼室412と、バーナ411の出口近傍に配され平板状の抵抗体421とを備えているものである。

【0075】予混合気体401をバーナ411から噴出する。予混合気体噴流の内部には、抵抗体421の作用により、内部循環領域422が形成される。また、燃焼室412がバーナ411の出口から急激に大きくなっていることにより、外部循環領域423が形成される。内部循環流領域422と外部循環流領域423の形成に関しては、燃焼室412内の温度分布、ガス組成分布、流速分布、およびOHラジカル等の発光スペクトル分布を測定することにより、確認している。

50 【0076】内部循環流領域422には、高温の燃焼気

THIS PAGE BLANK

体404が流入し、内部循環領域422の周囲に比較的急激な燃焼領域424が確実に形成される。このように、比較的急激な燃焼領域424が確実に形成されるので、予混合火炎は安定化する。また、比較的急激な燃焼領域424、つまり、ラジカル濃度の高い領域が、特定の狭い範囲内にしか形成されないため、燃焼用空気中の窒素の分解および酸化が促進される領域が狭く、サーマルNO_xの発生を抑制することができる。

【0077】比較的急激な燃焼領域424の周囲には、外部循環領域423内の燃焼気体404とバーナ411から噴出した予混合気体401とが混ざり合い燃焼混合気体が形成される。燃焼混合気体は、噴流の内部に形成される比較的急激な燃焼領域424から外部に向かって伝播してくる火炎により、燃焼し、緩慢な燃焼領域425を形成する。緩慢な燃焼領域425内では、酸素分圧の低い、つまりラジカル濃度の低い条件で燃焼が進行するので、NO_xの発生量を極めて低い値に抑えることができる。

【0078】なお、この検証用燃焼器420では、NO_xの低減のため、予混合バーナ411から噴出した予混合気体401自身の燃焼により発生した燃焼気体404を用いているが、他のバーナから噴出した燃料の燃焼により発生した燃焼気体を用いても良い。

【0079】第3の検証用燃焼器430は、図9に示すように、予混合バーナ411と、このバーナと同径の燃焼室431と、平板状の抵抗体421とを備えている。この検証用燃焼器430による燃焼では、第2の検証用燃焼器420と同様に、抵抗体421の作用により、予混合火炎432を安定化させることができるが、火炎432の外側に燃焼気体404による外部循環領域を形成することができないので、NO_xをあまり低減させることができない。

【0080】第4の検証用燃焼器440は、図11に示すように、第1の予混合バーナ441と、このバーナ441の側周に沿った環状の噴出口を有する第2の予混合バーナ442と、第1の予混合バーナ441近傍に配されている平板状の抵抗体421と、第2の予混合バーナ442出口から急激に大きくなる燃焼室443とを備えている。

【0081】第1の予混合バーナ441から噴出する予混合気体401は、抵抗体421の作用により、安定した第1の予混合火炎444を形成する。第2の予混合バーナ442から噴出する予混合気体405は、第1の予混合火炎444を着火源として第2の予混合火炎445を形成する。第2の予混合火炎445は、第2の予混合バーナ442の出口で第1の予混合バーナ441との境目から、第1の予混合火炎444のほぼ先端まで形成される。この検証用燃焼器440による燃焼では、第1の予混合バーナ441から噴出する予混合気体401が、燃焼気体404と混合する前に燃焼してしまうので、N

O_xをあまり低減することができない。

【0082】図10および図12に、以上の検証用燃焼器のNO_x排出特性を示す。図10に示すNO_x排出特定曲線419、429、439のうち、曲線419は第1の検証用燃焼器410によるものを、曲線429は第2の検証用燃焼器420によるものを、曲線439は第3の検証用燃焼器430によるものを表している。

【0083】また、図12に示すNO_x排出特性曲線429、448、449のうち、曲線429は第2の検証用燃焼器420によるものを、曲線449は第4の検証用燃焼器440で2つのバーナからそれぞれ噴出する燃料と空気との量を変えたときに最もNO_x発生量が少ない条件下でのものを、曲線448は第4の燃焼器440で最もNO_x発生量が大い条件下でのものを表している。

【0084】これらの図より、本発明に係る第2の検証用燃焼器420を用いると、他の燃焼器を用いるより、NO_x排出量を1/3以下に低減させることができることがわかる。

【0085】サーマルNO_xは、NO_xが発生する領域及びその生成速度の点から、ゼルドヴィッチ機構によるNO_xと、プロンプトNO_xとの二つに分類される。

【0086】ゼルドヴィッチ機構によるNO_xは、火炎後流で比較的遅い速度で生成するもので、燃焼空気中の窒素が酸素により酸化されて生成するNO_xである。ゼルドヴィッチ機構によるNO_xの生成は温度依存性が高く、火炎温度が高くなると発生量が増加する。投入空気量と燃料を完全燃焼するのに必要な空気量との比である空気比を1付近、即ち当量比付近で燃焼すると火炎温度は最も高くなり、NO_x濃度も最大になる。

【0087】プロンプトNO_xは、炭化水素系燃料特有のもので、火炎の反応領域中あるいはその近傍で比較的早い速度で生成するNO_xである。プロンプトNO_xは、燃料空気中の窒素が、火炎中に存在する反応活性の高い炭化水素ラジカルなどにより分解され、さらに酸化されて生成するNO_xである。プロンプトNO_xの生成は温度依存性が比較的低く、反応活性の高いラジカルの濃度および高濃度のラジカルが存在する領域の大きさにより支配される。

【0088】一般的に、燃焼用空気に対して、燃料量が多いほどプロンプトNO_xの発生量が増し、燃料量が少ないほどゼルドヴィッチ機構によるNO_xの発生量が増す傾向にあるが、図10および図12より、本発明に係る第2の検証用燃焼器を用いると、いずれのNO_xも低減できることがわかる。したがって、本発明に係る燃焼器では、空気比が大きい条件下での燃料の燃焼でも、空気比の小さい条件下での燃料の燃焼でも、NO_xを低減することができ、稀薄予混合燃焼を行わなくても十分にNO_xを低減することができる。また、稀薄予混合燃焼法を採用すると、よりNO_xを低減することができる。

【0089】なお、第2の検証用燃焼器420におい

THIS PAGE BLANK (USPTO)



て、燃料をメタンとし、噴出する予混合気体の温度が約240℃で、燃焼室中に空気比が1.0~1.1で、燃焼用空気と燃料の予混合気体のみを供給し完全燃焼させた際のNO_xの排出濃度は、約60ppm(0%O₂換算値)以下であった。

【0090】第5の検証用燃焼器450は、図13に示すように、環状に複数の噴出口を有する予混合バーナ451、451、…と、このバーナに沿って設けられている平板状の抵抗体452と、予混合バーナ451の出口から急激に大きくなる燃焼室453とを備えている。

【0091】本検証用燃焼器450は、それぞれの予混合バーナ451、451、…に対応させて、抵抗体452を設けたものであるが、このように構成することで、バーナ451、451、…から噴出する予混合気体401と外部循環領域454内の燃焼気体404とを混合させることができ、NO_xを低減することができる。

【0092】次に、ガスタービン燃焼器の第2の実施例について図14に基づき説明する。本実施例のガスタービン燃焼器110は、拡散火炎を形成する1次燃焼室30aと、予混合火炎を形成する2次燃焼室20aとを備え、第1の実施例の燃焼器100とその基本構成がほぼ同じものであるが、2次燃焼室20aにおける、予混合バーナ23の出口から急激に広がる幅Dを広げたものである。

【0093】2次燃焼用内筒21aの内径は、予混合バーナ23の出口から2次燃焼室20aが急激に広がる幅Dが、予混合バーナ23の出口幅dに対して、約1.5倍になるよう設定されている。

【0094】本実施例では、第1の実施例と同様に、抵抗体40の下流側に、燃焼気体4による第1の循環流領域51が形成されるので、安定した予混合火炎を得ることができる。さらに、2次燃焼室20aにおける予混合バーナ23の出口から急激に広がる幅Dが広がったので、抵抗体40の外周側に形成される第2の循環流領域52aが広がり、バーナ23から噴出する予混合気体5と第2の循環流領域52a内の燃焼気体4との混合率が增える。したがって、予混合気体5と燃焼気体4とが混合して形成される酸素分圧の低い燃焼混合気体が、単なる予混合気体5が燃焼するよりも多く、燃焼することになるので、NO_xをより低減することができる。

【0095】また、予混合バーナ23の出口から急激に広がる幅Dを広げることにより、2次燃焼用内筒22aの冷却空気口22から流入する燃焼用空気1が直接燃焼領域内に流入して燃焼温度を下げるのがないので、COおよび未燃炭化水素の発生を抑制することができる。

【0096】予混合火炎を形成する燃焼室において、予混合バーナの出口から燃焼室が急激に広がる幅を変えた場合における、NO_xの低減効果について検証したので、これについて説明する。検証には、図15に示すように、予混合バーナ462と、予混合火炎が形成される

燃焼室461と、抵抗体463とを備えている燃焼室460を用いて行った。

【0097】図16に示すように、予混合バーナ462の口径D₁と予混合バーナの出口から燃焼室461が急激に広がる幅D₂との比(D₂/D₁)が、大きくなるにつれて、NO_x発生量は小さくなる。これは、D₂が大きくなると、予混合火炎の外側に形成される循環流464が形成され易くなり、火炎中の酸素分圧が低くなるためである。

【0098】なお、この検証結果によれば、D₂/D₁が1.5以上になると、NO_xの低減効果率が小さくなるので、実器の場合には、燃焼器の小型化を図るためにも、D₂/D₁が1.5前後になるよう設計することが好ましいと思われる。

【0099】次に、図17および図18に基づき、ガスタービン燃焼器の第3の実施例について説明する。この燃焼器120は、予混合火炎を形成する燃焼器ケーシング121と、環状に配されている複数の予混合バーナ122、122、…と、複数の予混合バーナ122、122、…へ予混合気体5を供給する予混合気体供給管123と、複数の予混合バーナ122、122、…に沿って設けられている抵抗体124とを備えている。

【0100】予混合気体供給管123の下流には、燃料2を取り入れる燃料ノズル125、125と、燃焼用空気1を取り入れる空気ノズル126とが設けられている。抵抗体124は、平板状を成しており、複数の予混合バーナ122、122相互間を仕切る仕切板127、127、の上に、支持部材128、128、を介して、設けられている。

【0101】本実施例は、先に説明した第5の検証用燃焼器450を実機レベルにしたもので、第1の実施例および第2の実施例と同様に、安定した予混合火炎を得ることができると共に、NO_xの発生を抑制することができる。なお、本実施例では、2つの燃焼室が設けられていないので、先の実施例と比べて、小型化の点では優れているが、負荷変動に対する許容範囲が狭い点で劣っている。

【0102】抵抗体は、第1の実施例および第2の実施例のように断面がV字形状である必要は無く、その下流側に循環流を形成することができるものであれば、どのような形状のものでも良く、本実施例のように、平板状のものでも良い。なお、実験によると、平板状の抵抗体の場合、予混合気体の流れ方向に対して、抵抗体が約45°以内の傾斜角で設けられていれば、火炎の安定性にはほとんど影響がないことがわかっている。

【0103】また、抵抗体は、高温になるので、少なくとも500℃以上の耐熱性を備えている材料で形成する必要があるが、抵抗体を中空構造にしてその内に冷却用の空気または水を供給することにより、耐熱性を確保するようにしてもよい。

THIS PAGE BLANK (USE)



【0104】次に、ガスタービン燃焼器の第4の実施例について図19および図20に基づき説明する。本実施例のガスタービン燃焼器130は、予混合火炎を形成する2つの燃焼室、1次燃焼室131と2次燃焼室141とを備えている。

【0105】1次燃焼室131は、1次燃焼室用内筒132により構成されており、その上流端には、環状に配されている複数の1次予混合バーナ133、133、…が設けられている。予混合バーナ133、133、…の上流側には、1次燃料2を噴出する複数の1次燃料ノズル134、134、…と、燃焼用空気1を内筒132内に流入させるための1次空気供給口135、135、…とが設けられている。1次燃焼室131は、1次予混合バーナ133の出口で急激に大きくなるよう形成されている。

【0106】1次予混合バーナ133の出口近傍には、予混合気体5の燃焼により発生する燃焼気体4を循環させるための抵抗体136が設けられている。抵抗体136は、複数の予混合バーナ133、133、…間を仕切る仕切板137、137…上に、支持部材を介して設けられている。2次燃焼室141は、2次燃焼用内筒142により構成されており、1次燃焼用内筒132の下流側に設けられている。2次燃焼用内筒142の上流端には、環状に配されている複数の2次予混合バーナ143、143、…が設けられている。バーナ143、143、…の上流側には、燃焼用空気1をバーナ143、143、…内に流入させる2次空気供給口145、145、…と、2次燃料3を噴出する2次燃料ノズル146、146、…とが、設けられている。

【0107】1次燃焼用内筒132および2次燃焼用内筒142の側周には、内筒132、142自身を冷却するための冷却空気口138、148が形成されている。燃焼用空気1は、空気圧縮器301により圧縮された後、燃焼器130内に流入し、1次予混合バーナ133および2次予混合バーナ143の混合部139、149において燃料2、3と混合する。このよう形成された予混合気体5は、1次燃焼室131および2次燃焼室141内に噴出する。燃焼用空気1の一部は、内筒132、142の冷却用として冷却空気口138、148から燃焼室131、141内に流入する。

【0108】1次予混合バーナ133から噴出する予混合気体5は、抵抗体136の作用により分割される。抵抗体136の下流側には第1の循環流領域151が形成され、第1の循環流領域151の周囲に予混合火炎が形成される。予混合火炎の周囲には、燃焼気体4による第2の循環流領域152が形成される。予混合火炎では、予混合気体5と燃焼気体4とが混合して形成される燃焼混合気体が燃焼することになるので、NO_xが低減される。

【0109】1次燃焼室131で形成された燃焼気体4



は、ほぼ直進して、2次燃焼室141の中心部に流入する。この燃焼気体4の外周側に2次予混合バーナ143からの予混合気体5が噴出される。2次予混合バーナ143から噴出される予混合気体5は、1次燃焼室131で形成された燃焼気体4により着火されて、予混合火炎が形成される。

【0110】本実施例のように、2つの燃焼室を設けることにより、負荷変動に対する許容範囲を大きくすることができる。

10 【0111】次に、ガスタービン燃焼器の第5の実施例について図21および図22に基づき説明する。本実施例のガスタービン燃焼器160は、予混合火炎を形成する2つの燃焼室、1次燃焼室131と2次燃焼室141とを備えており、それぞれの予混合バーナ133a、143の出口に抵抗体161、163を設けたもので、その他の構成に関しては、第4の実施例のガスタービン燃焼器130と基本的な構成は同じである。なお、1次燃焼用抵抗体161には、その下流側にパイロットフレームを形成するパイロットバーナ162が設けられている。

20 【0112】燃焼器160の起動時には、パイロットバーナ162のみに燃料を供給し、1次燃焼用抵抗体161の下流側にパイロットフレームを形成させる。

【0113】パイロットフレームが形成された後に、1次予混合バーナ133aから1次燃料2の供給を開始し、予混合火炎を形成させる。この予混合火炎が安定に形成された後、パイロットバーナ162への燃料供給を停止する。このように運転することにより、燃焼器160の起動を容易に行うことができる。また、本実施例では、いずれの予混合バーナ133a、143にも抵抗体161、163が設けられているので、いずれの予混合火炎も燃料の供給量等にあまり影響されることなく、常に安定した予混合火炎を得ることができる。

30 【0114】次に、ガスタービン燃焼器の第6の実施例について図23に基づき説明する。本実施例の燃焼器170は、第4の実施例の燃焼器130の1次燃焼室131内に、予混合火炎を形成する予混合バーナ133を設けると共に、拡散火炎172を形成するパイロットバーナ（拡散火炎形成バーナ）171を設けたものであり、その他の基本的な構成は、第4の実施例とほぼ同じである。

40 【0115】燃焼器170の起動時には、まず、パイロットバーナ171から燃料2を噴出し、1次燃焼室131内に拡散火炎172を形成させる。拡散火炎172が形成されると、1次予混合バーナ133に1次燃料2を供給し、1次予混合火炎を形成させる。1次燃焼室131での負荷が所定の負荷になると、2次予混合バーナ143に2次燃料3を供給し、2次予混合火炎を形成させると共に、拡散火炎172を消化させる。このとき、2次予混合火炎は、1次予混合火炎で発生する燃焼気体4

THIS PAGE BLANK (USPTO)

により着火する。これ以降は、1次予混合火炎と2次予混合火炎の負荷を調節して、燃焼器170の負荷変動に対応させる。

【0116】本実施例では、燃焼器170の起動を容易に行うことができる。なお、拡散火炎172を形成させるための燃焼用空気1は、パイロットバーナ171の周囲から供給され、この燃焼用空気1は、1次予混合火炎から排出される燃焼気体と混合するため、拡散火炎172から排出されるNO_xは少ない。

【0117】次に、ガスタービン燃焼器の第7の実施例について図24および図25に基づき説明する。本実施例の燃焼器180は、1次燃焼室181の上流側に、予混合火炎を形成する複数の予混合バーナ183、183、…と、複数の予混合バーナ183、183、…の出口近傍に配されている抵抗体184と、1次燃焼室181の上流端の中央にパイロットフレームを形成するパイロットバーナ185とを設け、2次燃焼室20、その他の基本的な構成を第1の実施例の燃焼器100とほぼ同じに構成したものである。

【0118】複数の1次予混合バーナ183、183、…は、相互間が仕切板186、186、…により仕切られ、環状に配されている。抵抗体184は、断面がV字形を成し、複数の1次予混合バーナ183、183、…に沿って、その下流側に設けられている。1次燃焼室181は、1次燃焼用内筒182により構成されており、1次予混合バーナ183の出口から急激に広がるよう形成されている。

【0119】起動時には、1次燃焼室181内にパイロットバーナ185によりパイロットフレームを形成させる。次に1次燃焼室181内に予混合火炎を形成させ、所定の負荷になった時点で、2次燃焼室20内に予混合火炎を形成させる。したがって、パイロットバーナ185により燃焼器180を起動させるので、容易に起動を行うことができる。

【0120】また、本実施例では、いずれの燃焼室181、20にも、予混合バーナ183、23の出口に抵抗体40が設けられているので、安定した予混合火炎を得ることができる。さらに、いずれの燃焼室181、20も、予混合バーナ183、23の出口から急激に広がるように形成されているので、予混合火炎の周囲に燃焼気体4による循環流領域187、52が形成され、NO_xの発生を抑制することができる。

【0121】以上の各種実施例において、複数の予混合バーナを設ける場合、これを環状に連続的に配したものを示してきたが、複数の予混合バーナの配列は、これに限定されるものではなく、例えば、図26に示すように、複数の予混合バーナ191、191、…を断続的に放射状に配列してもよい。この際、火炎を安定させる抵抗体192、192、…は、各予混合バーナ191、191、…に対応させて、放射状に設けることが好まし

い。なお、同図に示す燃焼器190は、第7の実施例の変形例である。

【0122】また、以上の各種実施例において、環状に複数の予混合バーナが配されている場合、これに対して、環状の抵抗体を1つ設けたものを示してきたが、環状の複数の予混合バーナに対する抵抗体は、これに限定されるものではなく、例えば、図27に示すように、複数の予混合バーナ183、183、…相互間を仕切るそれぞれの仕切板186、186、…上に複数の抵抗体201、201、…を設けるようにしてもよい。なお、同図に示す燃焼器200は、第7の実施例の変形例である。

【0123】次に、ガスタービン燃焼器の第8の実施例について図28に基づき説明する。本実施例の燃焼器210は、燃焼室211の上流端に、複数の1次予混合バーナ212、212、…が環状に配されている1次予混合バーナ群と、その外周に沿って、複数の2次予混合バーナ23、23、…が環状に配されている2次予混合バーナ群と、燃焼室211の上流端の中央にパイロットフレームを形成するパイロットバーナ185とが設けられているものである。1次予混合バーナ212および2次予混合バーナ23の出口近傍には、抵抗体213、40が設けられている。

【0124】本実施例では、第7の実施例と同様に、安定した予混合火炎を得ることができると共に、NO_xを低減することができる。なお、本実施例の場合、同一の燃焼室211中に1次予混合火炎と2次予混合火炎とを形成するので、第4の検証用燃焼器440のように、火炎相互が重なることによるNO_xの低減効果の低下や振動燃焼を防ぐために、1次予混合バーナ212と2次予混合バーナ23との配置関係に十分な考慮をはらって設計する必要がある。

【0125】次に、ガスタービン燃焼器の第9の実施例について図29に基づき説明する。本実施例の燃焼器220は、1次燃焼室221で拡散火炎を2次燃焼室222で予混合火炎を形成する燃焼器において、複数の予混合バーナ223、223、…を2次燃焼用内筒24の壁面に設置したものである。

【0126】複数の予混合バーナ223、223、…は、2次燃焼用内筒24の中心軸に向かって、予混合気体が噴出されるよう設けられている。これら複数の予混合バーナ223、223、…の出口近傍には、抵抗体224、224、…がそれぞれ設けられている。

【0127】このような燃焼器220においても、抵抗体224に対して内筒24の中心軸側に燃焼気体4の循環流領域が形成されると共に、予混合火炎の周囲にも燃焼気体4による循環流領域が形成されるので、安定した予混合火炎を得ることができると共にNO_xを低減することができる。

【0128】ガスタービンに接続される以上の各種実施

THIS PAGE BLANK (11SP70)

例のガスタービン燃焼器 100, 110, …は、図 30 に示すように、ガスタービン 303 と共に、ガスタービン 303 からの燃焼気体 4 の熱により蒸気を発生させる廃熱回収ボイラ 312 を設けることにより、いわゆるコジェネレーションシステムを構築することができる。

【0129】このコジェネレーションシステムは、空気圧縮機 301 とガスタービン燃焼器 100, 110, …とガスタービン 303 と発電機 304 とから構成されるガスタービン発電設備 310 と、メインボイラ設備 313 と、ガスタービン燃焼器 100, 110, …とメインボイラ 313 とに燃料 2 を供給する燃料供給設備 315 と、廃熱回収ボイラ 312 と、ターボ冷却機 314 とを備えている。

【0130】燃料 2 は、燃料供給設備 315 からガスタービン燃焼器 100, 110, …とメインボイラ 313 とに供給される。ガスタービン燃焼器 100, 110, …に供給された燃料 2 は、燃焼器 100, 110, …内で燃焼した後、燃焼により発生した燃焼気体 4 がガスタービン 303 に送られる。そして、燃焼気体 2 は、タービンを駆動して発電が行われる。ガスタービン 303 からの燃焼気体 4 は、廃熱回収ボイラ 312 に送られて、そこで、蒸気を発生させる。この蒸気は、夏季にはターボ冷却機 314 の駆動用に用いられ、冬期には暖房用に用いられる。この蒸気が不足しているときは、メインボイラ 313 で発生した蒸気が用いられる。

【0131】このようなコジェネレーションシステムは、NO_x 排出規制の厳しい都市や都市近郊に設置されている場合が多いが、このような場合でも、ガスタービン燃焼器内での NO_x 排出量が少ないので、既に述べたように、廃熱回収ボイラ 312 内に脱硝装置を設けなくても、厳しい規制値を満足することができる場合がある。

【0132】なお、廃熱回収ボイラに蒸気タービンを接続することにより、廃熱回収型のコンバインドサイクルを構成することができる。

【0133】以上、ガスタービン燃焼器に関する実施例を説明したが、本発明は、ガスタービン用に限るものではなく、燃料の燃焼によりサーマル NO_x が発生するものであれば、例えば、ボイラ、焼却器や化学プラント等で反応器と呼ばれるものなど、あらゆる燃焼器に適用してもよい。

【0134】次に、バーナの一実施例について図 31 に基づき説明する。バーナ 80 は、外筒 81 と内筒 85 とを備えて構成されている。外筒 81 の下流端側は、途中から急激に拡張されている。外筒 81 の上流端側には、燃料 2 を受入る燃料ノズル 82 と、燃焼用空気 1 を受入る空気ノズル 83 とが設けられている。内筒 85 の下流端側には、下流側に循環流が形成されるよう抵抗体 86 が形成されている。内筒 85 は、中空構造になっており、中に冷却水 9 を供給する冷却水供給管 87 が設けられて

いる。

【0135】このようなバーナ 80 を燃焼器 88 に取り付け、予混合火炎 89 を形成させると、先に述べたガスタービン燃焼器と同様に、抵抗体 86 の下流側に燃焼気体 4 による第 1 の循環流領域 90 が形成されると共に、予混合火炎 89 の周囲に燃焼気体 4 による第 2 の循環流領域 91 が形成されるので、安定した予混合火炎 89 を得ることができると共に、NO_x を低減させることができる。

【0136】

【発明の効果】本発明によれば、予混合気体噴流内に高温の燃焼気体が循環し、これを着火源として予混合火炎が確実に形成されるので、火炎を安定させることができる。

【0137】また、予混合気体内に燃焼気体が混入し、これにより形成された酸素分圧の低い気体が燃焼するので、NO_x を著しく低減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る第 1 の実施例のガスタービン燃焼器の全体断面図である。

【図 2】図 1 における II-II 線断面図である。

【図 3】本発明に係る第 1 の実施例のガスタービン燃焼器の要部断面図である。

【図 4】本発明に係る第 1 の実施例のガスタービン発電設備の系統図である。

【図 5】本発明に係る第 1 の実施例のガスタービン燃焼器を運転する際のガスタービン負荷と空気供給量との関係を示すグラフである。

【図 6】本発明に係る第 1 の実施例のガスタービン燃焼器を運転する際のガスタービン負荷と燃料供給量との関係を示すグラフである。

【図 7】第 1 の検証用燃焼器の断面図である。

【図 8】第 2 の検証用燃焼器の断面図である。

【図 9】第 3 の検証用燃焼器の断面図である。

【図 10】第 1、第 2 及び第 3 の検証用燃焼器の NO_x 排出特性を示すグラフである。

【図 11】第 4 の検証用燃焼器の断面図である。

【図 12】第 2 及び第 4 の検証用燃焼器の NO_x 排出特性を示すグラフである。

【図 13】第 5 の検証用燃焼器の断面図である。

【図 14】本発明に係る第 2 の実施例のガスタービン燃焼器の全体断面図である。

【図 15】検証用燃焼器の断面図である。

【図 16】検証用燃焼器の NO_x 排出特性を示すグラフである。

【図 17】本発明に係る第 3 の実施例のガスタービン燃焼器の要部断面図である。

【図 18】図 17 における XVIII-XVIII 線断面図である。

【図 19】本発明に係る第 4 の実施例のガスタービン燃

THIS PAGE BLANK (USPTO)

23

焼器の要部断面図である。

【図20】図19におけるXX-XX線断面図である。

【図21】本発明に係る第5の実施例のガスタービン燃焼器の要部断面図である。

【図22】図21におけるXXII-XXII線断面図である。

【図23】本発明に係る第6の実施例のガスタービン燃焼器の要部断面図である。

【図24】本発明に係る第7の実施例のガスタービン燃焼器の全体断面図である。

【図25】図24におけるXXV-XXV線断面図である。

【図26】第7の実施例の変形例のガスタービン燃焼器の要部断面図である。

【図27】第7の実施例のさらに他の変形例のガスタービン燃焼器の要部断面図である。

【図28】本発明に係る第8の実施例のガスタービン燃焼器の全体断面図である。

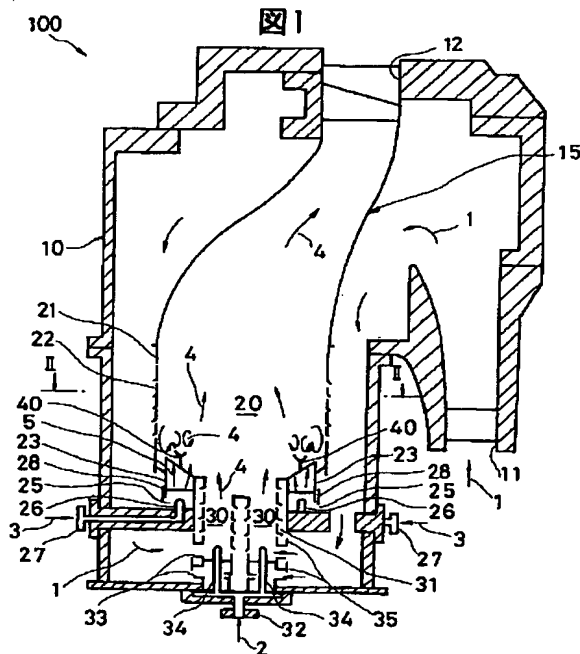
【図29】本発明に係る第9の実施例のガスタービン燃焼器の全体断面図である。

【図30】本発明に係る一実施例のコージェネレーションシステムの系統図である。

10

* 20

【図1】



- | | | |
|---------|-------------|----------------|
| 1…燃焼用空気 | 10…燃焼器ケーシング | 31…1次燃焼用内筒 |
| 2…1次燃料 | 20…2次燃焼室 | 40…抵抗体 |
| 3…2次燃料 | 21…1次燃焼用内筒 | 100…ガスタービン用燃焼器 |
| 4…燃焼気体 | 23…予混合バーナ | |
| 5…予混合気体 | 30…1次燃焼室 | |

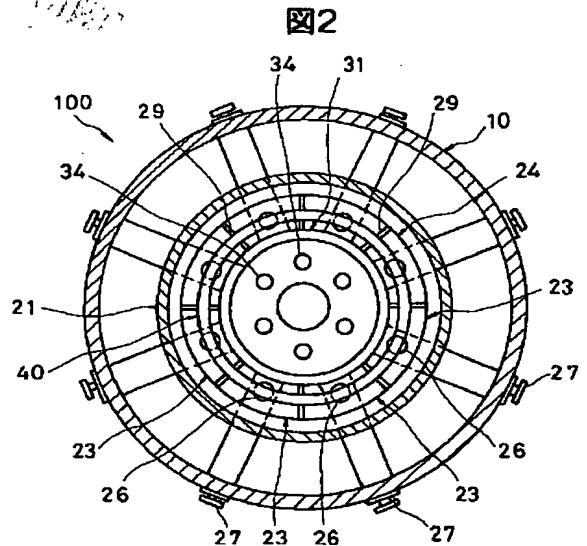
24

*【図31】本発明に係る一実施例のバーナの全体断面図である。

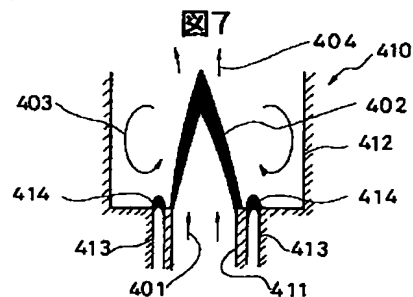
【符号の説明】

1…燃焼用空気、2…1次燃料、3…2次燃料、4…燃焼気体、5…予混合気体、6…燃焼混合気体、10…燃焼器ケーシング、20, 20a, 141, 222…2次燃焼室、21, 21a, 132, 142…2次燃焼用内筒、23, 133, 133a, 136, 143, 183, 191, 212, 223…予混合バーナ、30, 30a, 131, 181, 221…1次燃焼室、31, 132, 182…1次燃焼用内筒、40, 86, 124, 136, 161, 163, 184, 192, 201, 213, 224…抵抗体、51…第1の循環流領域、52, 52a…第2の循環流領域、53…比較的急激な燃焼領域、54…緩慢な燃焼領域、80…バーナ、100, 110, 120, 130, 160, 170, 180, 190, 200, 210, 220…ガスタービン燃焼器、301…空気圧縮器、303…ガスタービン、312…廃熱ボイラ。

【図2】



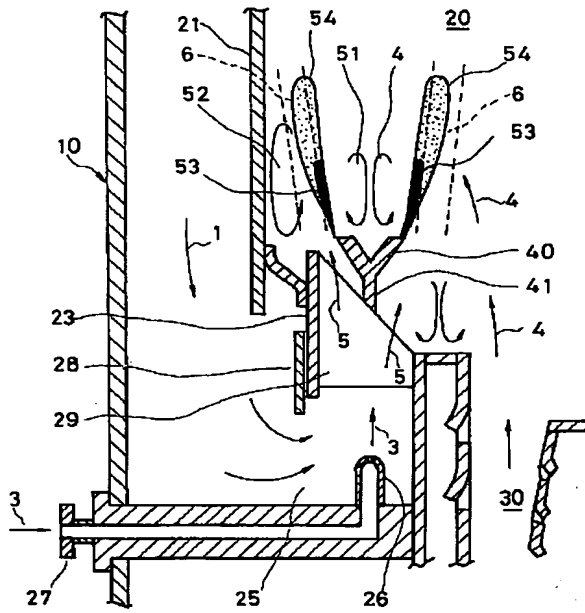
【図7】



THIS PAGE BLANK (US973)

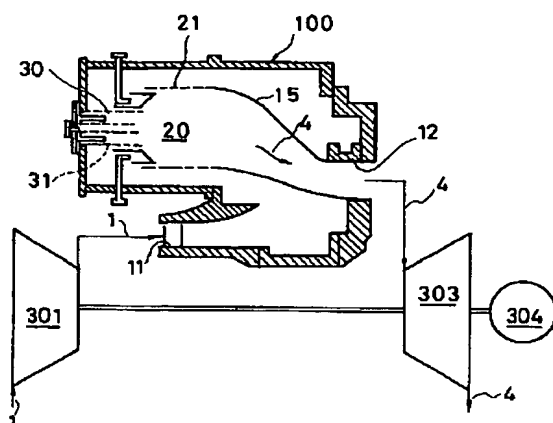
【図3】

図3



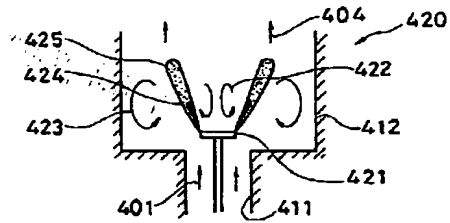
【図4】

図4



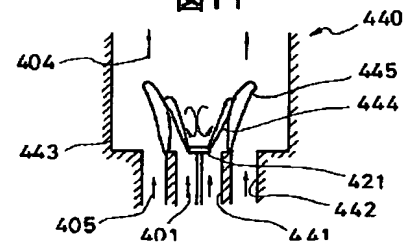
【図8】

図8



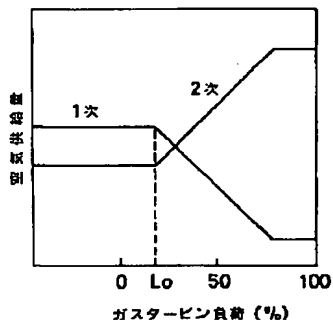
【図11】

図11



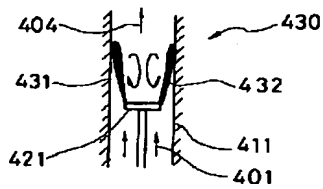
【図5】

図5



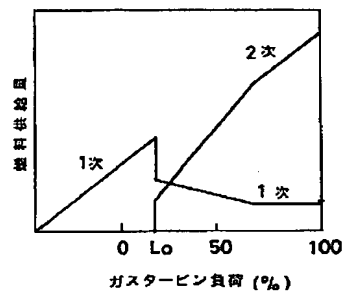
【図9】

図9



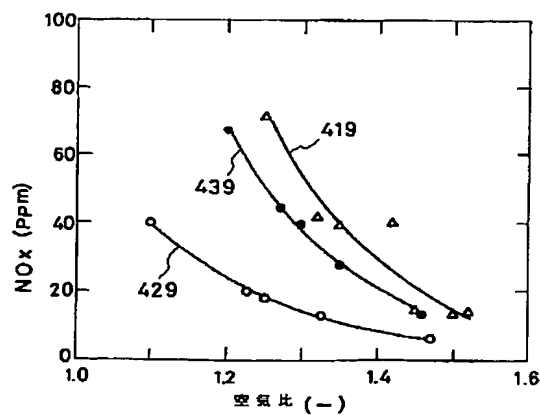
【図6】

図6



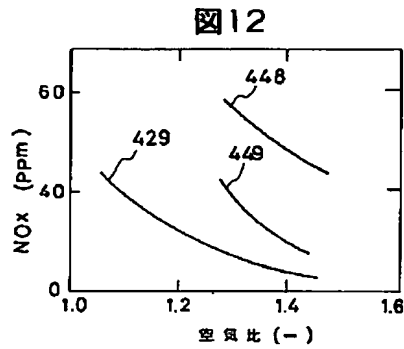
【図10】

図10

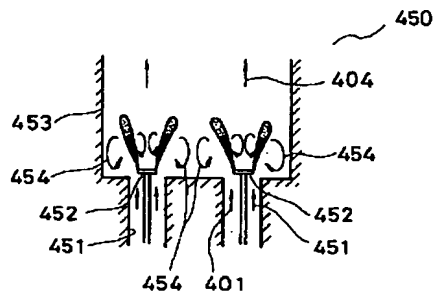


THIS PAGE BLANK (USPTC)

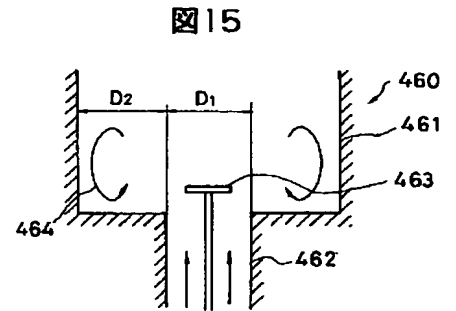
【図12】



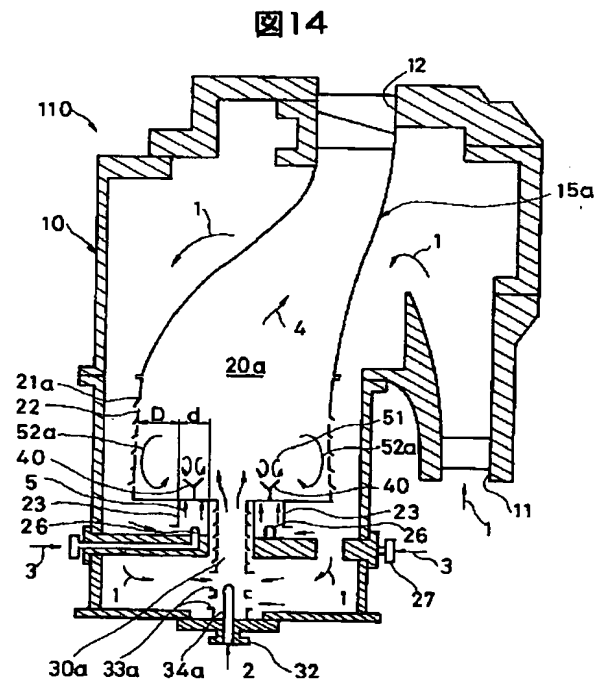
【図13】



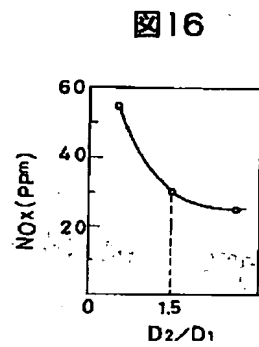
【図15】



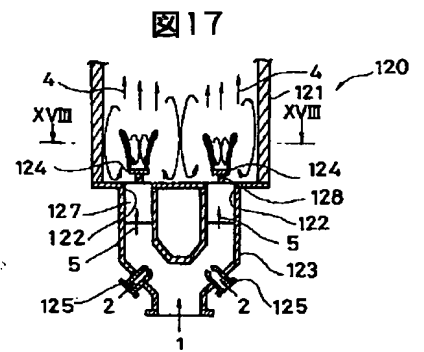
【図14】



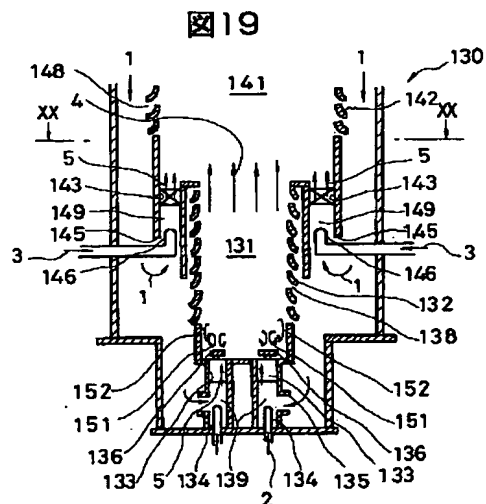
【図16】



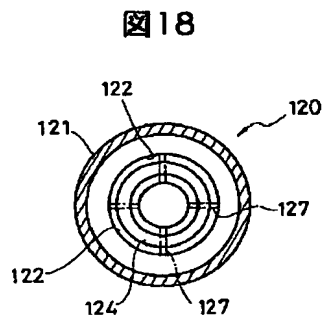
【図17】



【図19】

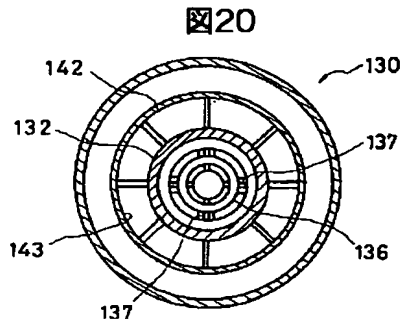


【図18】

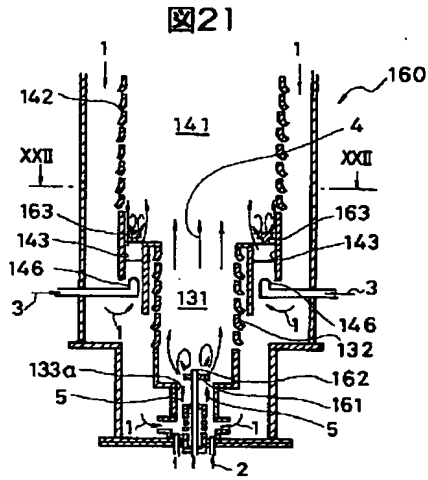


THIS PAGE BLANK (U)

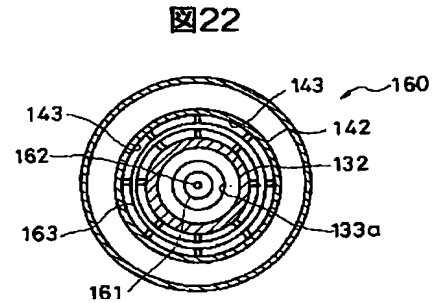
【図20】



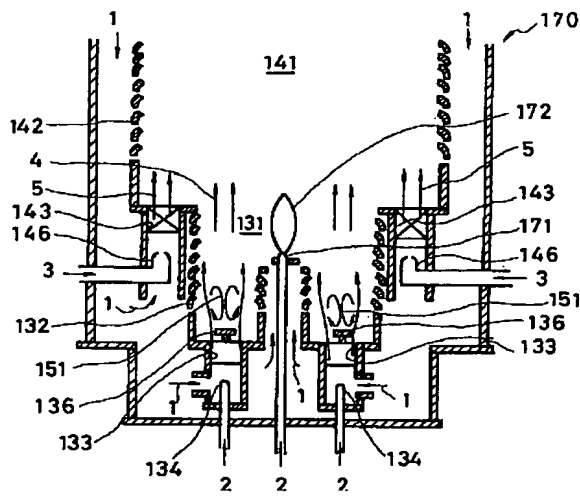
【図21】



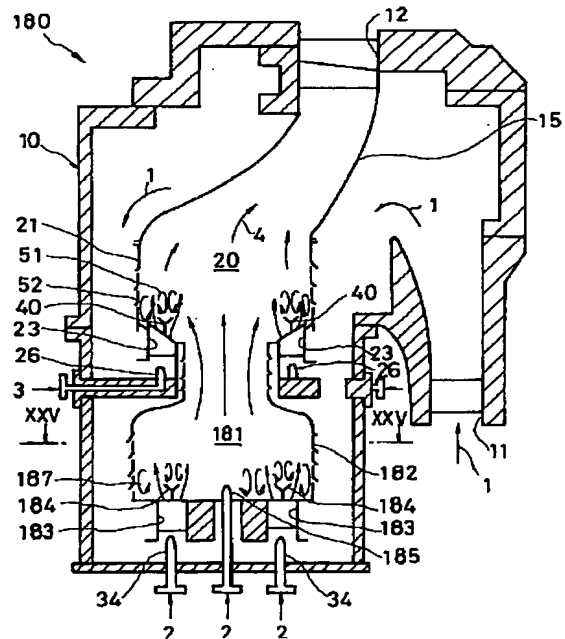
【図22】



【図23】



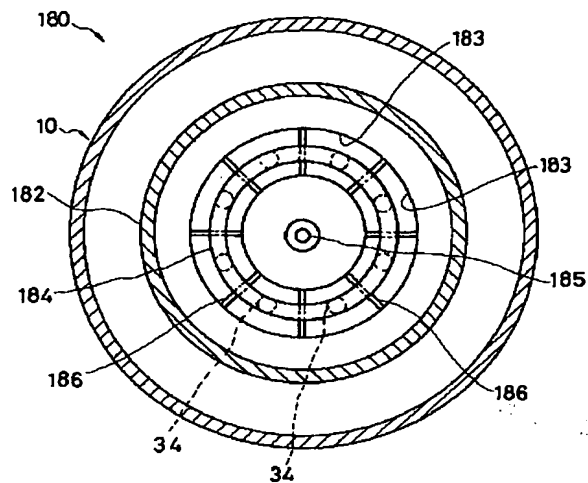
【図24】



THIS PAGE BLANK (USPTO)

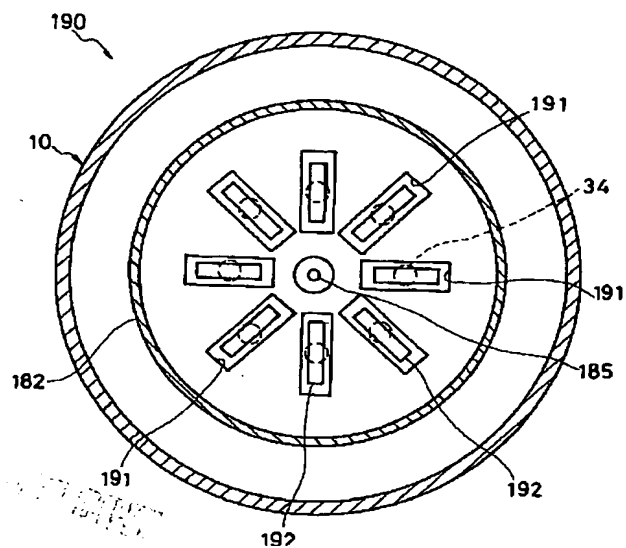
【図 25】

図25



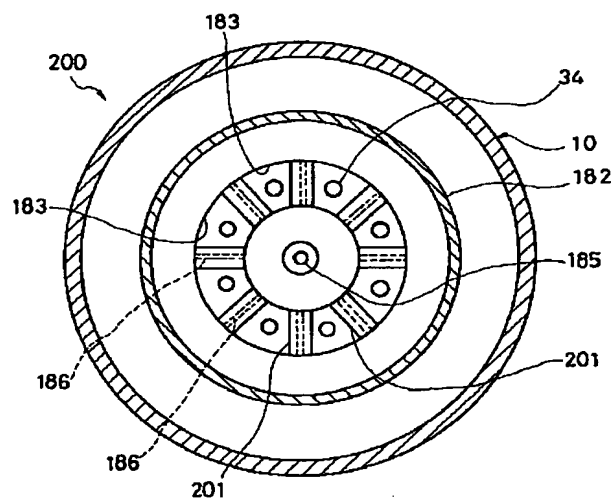
【図 26】

図26



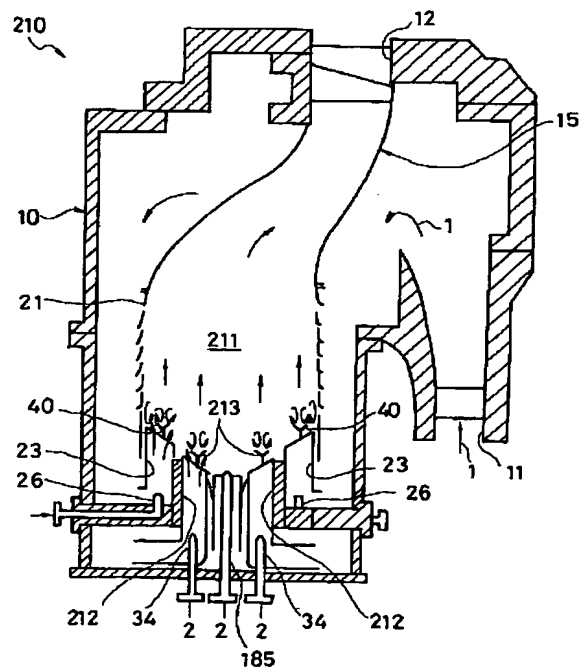
【図 27】

図27



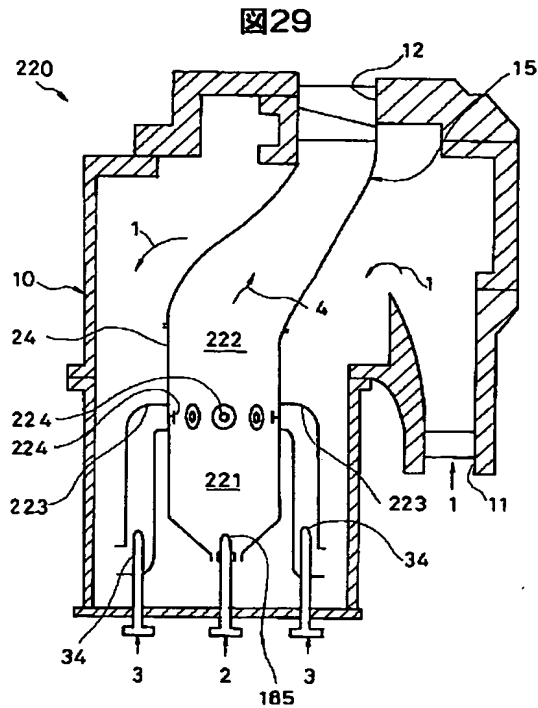
【図 28】

図28

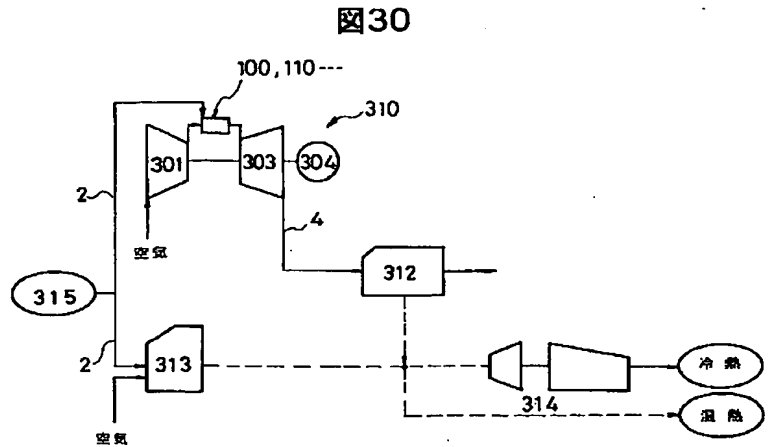


THIS PAGE BLANK (USPTO)

【图 29】

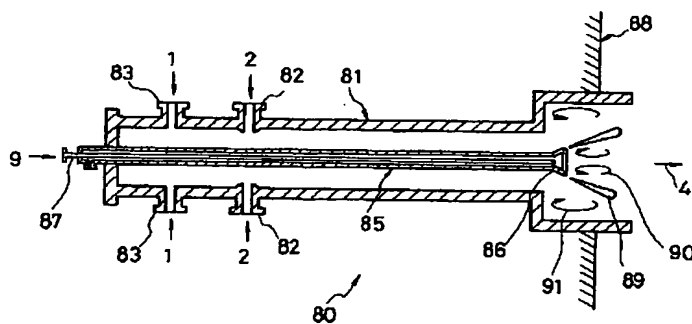


【图 30】



【図 3 1】

图31



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁶

F 2 3 R 3/28
 3/32

識別記号

庁内整理番号

FI

F 2 3 R 3/28
 3/32

技術表示箇所

D

(72)発明者 村上 忠孝

茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 吉井 泰雄

茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(72)発明者 相馬 憲一
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 小林 啓信
茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研究所内

(72)発明者 石橋 洋二
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日立製作所機械研究所内

(72)発明者 黒田 倫夫
茨城県日立市幸町一丁目1番1号 株式会社日立製作所日立工場内

THIS PAGE BLANK (USPTO)